Nhóm Chủ biên:
Cao Chi - Chu Hảo - Pierre Darriulat
Nguyễn Xuân Xanh - Phạm Xuân Yêm

ĐI TÌM "HẠT CỦA CHÚA" - BOSON HIGGS

CUỘC PHIÊU LƯU KÌ THÚ CỦA KHOA HỌC





NHÀ XUẤT BẢN TRI THỨC

Thế kỉ thứ 5 trước Công nguyên, các nhà triết học tự nhiên Hi Lạp Leucippus và Democritus đã đưa ra lí thuyết nguyên tử nói rằng mọi vật trên đời được cấu tạo bằng những hạt nhỏ cơ bản không chia cắt được, gọi là nguyên tử, nằm trong chân không. Nguyên tử được xác nhận cuối thế kỉ 19 đầu thế kỉ 20, nhưng không phải là hạt cơ bản. Các thành phần khác nhỏ hơn của nguyên tử cũng lần lượt tìm thấy như electron, proton và neutron. Cuộc tìm kiếm hạt cơ bản của vật chất, và các chất keo giữ chúng, trải qua muôn vàn khó khăn, nhưng kết thúc đẹp vào các thập niên của nửa sau thế kỉ 20. Các kết quả được đúc kết lại trong cái gọi là Mô hình Chuẩn. Nguyên tử không còn là hạt cơ bản, mà là hỗn hợp của những hạt cơ bản có tên *quark*. Mô hình Chuẩn chứa đựng danh sách các hạt cơ bản, gồm hạt vật chất và hạt truyền lực, và mô tả sự tương tác của chúng một cách chính xác kì diệu.

ĐI TÌM "HẠT CỦA CHÚA" - BOSON HIGGS



ĐI TÌM
"HẠT CỦA CHÚA" - BOSON HIGGS

CUỘC PHIÊU LƯU KÌ THÚ CỦA KHOA HỌC

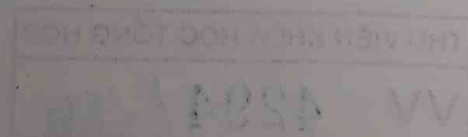
(Tái bản lần thứ nhất)

Nhóm Chủ biên:

Cao Chi - Chu Hảo - Pierre Darriulat
Nguyễn Xuân Xanh - Phạm Xuân Yêm

NHÀ XUẤT BẢN TRI THỨC

ĐI TÌM "HẠT CỦA CHÚA" - BOSON HIGGS



MỤC LỤC

LỜI NHÀ XUẤT BẢN

Lịch sử Vật lí các hạt cơ bản thế kỉ 20 là cuộc phiêu lưu kì thú và độc đáo của trí tuệ loài người. Nó bắt đầu từ những năm cuối thế kỉ 19, trải dài cho đến những thập kỉ cuối thế kỉ 20, với sự tham gia của rất nhiều bộ óc vĩ đại trong ngành vật lí từ lí thuyết đến thực nghiệm, nhằm trả lời câu hỏi từ hai ngàn năm trăm năm nay: *Vật chất của thế giới là gì và chúng ta từ đâu đến?*

Vào những thập kỉ cuối thế kỉ 20, sau bao nhiêu biến động, đột phá, bế tắc, hi vọng rồi tuyệt vọng, v.v., cuối cùng lí thuyết vật lí các hạt cơ bản đã kết tinh thành cái mà giờ đây được gọi phổ biến là Mô hình Chuẩn mà hạt boson Higgs được tiên đoán bằng lí thuyết như viên ngọc vương miện của nó, được hi vọng như là cơ sở đáng tin cậy cho lời giải cuối cùng về bản chất của vật chất, để trả lời câu hỏi muôn đời về Vũ trụ và kiếp nhân sinh.

Nhân dịp Trung tâm Nghiên cứu Hạt nhân châu Âu (CERN) công bố bằng chứng thực nghiệm về sự tồn tại của hạt boson Higgs vào ngày 4 tháng 7 năm 2012, Nhóm Chủ biên (Phạm Xuân Yêm, Nguyễn Xuân Xanh, Pierre Dariulat, Cao Chi và Chu Hảo) đã hợp tác với NXB Tri thức xuất bản cuốn *Hạt Higgs và Mô hình Chuẩn* vào tháng 3 năm 2014. Theo yêu cầu của đông đảo bạn đọc sau khi cuốn sách được phát hành, chúng tôi đã thỏa thuận với Nhóm Chủ biên lược bớt những phần quá chuyên sâu và không trực tiếp liên quan đến sự kiện tìm thấy hạt boson Higgs để phục vụ bạn đọc, đặc biệt là các bạn trẻ không chuyên ngành vật lí (hay vật lí các hạt cơ bản), nhưng không làm mất đi những thông tin cơ bản về cuộc phiêu lưu kì thú của khoa học trong quá trình săn tìm bằng chứng thực nghiệm sự tồn tại của một hạt không thể không tồn tại đã được tiên đoán bằng lí thuyết

từ gần 50 năm trước. Và giờ đây, trên tay các bạn là dạng thu gọn của cuốn sách nói trên.

Trên các phương tiện truyền thông đại chúng, hạt boson Higgs thường được gọi là Hạt của Chúa, bắt đầu từ một việc tình cờ, nhưng sau đấy lại trở thành ngầm định của cộng đồng khoa học (chủ yếu là ngoài giới vật lí các hạt cơ bản) về vai trò đặc biệt quan trọng của hạt này trong việc hình thành và vận động của toàn bộ vật chất trong Vũ trụ.

Số là vào năm 1993, Leon Lederman (giải Nobel Vật lí năm 1988) viết một cuốn sách nói về những gian truân của các nhà khoa học khi đi tìm hạt boson Higgs đã được tiên đoán trong Mô hình Chuẩn như là hạt "gia trì" khối lượng cho các hạt cơ bản khác mà Peter Higgs và hai đồng nghiệp tiên đoán từ năm 1964. Để thể hiện sự "bất mãn" của các nhà khoa học đối với một đối tượng hết sức khó chịu, cố tình lẩn tránh mọi cố gắng của các nhà thực nghiệm, không chịu "xuất đầu lộ diện", Leon Lederman đặt cho nó cái tên "Hạt mắc dịch" (Goddamn particle). Nhà xuất bản chấp nhận cuốn sách này với một yêu cầu thay đổi nhỏ: thay vì Goddamn particle hãy viết đơn giản là God particle cho thích hợp và thanh nhã hơn. Từ đấy hạt này mang tên lóng là Hạt của Chúa. Dường như bản thân tác giả chính của hạt này, ngài Peter Higgs, và các nhà vật lí hạt không mấy mặn mà với tên gọi đó, vì nó chẳng liên quan gì đến các vị Chúa mang hình hài con người của các tôn giáo; ngược lại là khác: nó góp phần vào việc thu hẹp "sân chơi" của Chúa. Thế nhưng nếu hiểu Chúa như một biểu hiện phiếm thần của các định luật tinh tế đến mức thần bí của Tự nhiên thì hạt Higgs quả xứng đáng được tôn vinh như thế, như các bạn sẽ được chứng nghiệm khi đọc hết cuốn sách nhỏ này.

Chúc các bạn có đủ hứng khởi để kiên nhẫn đọc cho đến trang cuối cùng!

Chu Hảo

GĐ-TBT Nxb Tri thức

ĐÔI LỜI MỞ ĐẦU

Vì hiểu biết của tôi về Vật lí lí thuyết không sâu sắc hơn của những người được coi là quần chúng được khai sáng, tôi thấy mình không đủ khả năng để tổng kết nội dung những bài viết trong quyển sách này. Tôi cũng không muốn viết lại những thông tin chung chung mà bạn đọc có thể tìm thấy ở khắp nơi. Trót nhận lời với Giáo sư Darriulat viết Lời mở đầu cho quyển sách này, tôi xin phép kể một câu chuyện có tính cá nhân: tôi đã gặp ý tưởng của ông Higgs như thế nào, và cuộc gặp ấy đã ảnh hưởng đến công việc nghiên cứu của tôi ra sao.

Luận án Tiến sĩ của tôi bảo vệ năm 1997 chứa mầm mống của ý tưởng mà sau này là chìa khoá để giải quyết bài toán "bổ đề cơ bản" của Langlands. Cái tôi thiếu là một mô hình hình học cho các tích phân quỹ đạo, nhân vật chính của bổ đề cơ bản. Một số mô hình hình học đã được đưa ra từ trước đó, nhưng cái tôi cần là một mô hình rộng hơn, mềm dẻo hơn, để cho cái ý tưởng còn đang ở dạng mầm mống kia có chỗ triển khai, một da thịt đủ màu mỡ để cho nó "đầu thai".

Vào thời gian cuối những năm 1990, lí thuyết Langlands hình học của hai nhà toán học gốc Xô viết Beilinson và Drinfeld đang là tâm điểm chú ý của thế giới toán học. Tôi để ý thấy trong phần tài liệu tham khảo của các bài viết về Langlands hình học, luôn xuất hiện một bài báo của Hitchin có tên "Diện Riemann và hệ hoàn toàn khả tích". Tò mò tìm đọc bài báo của Hitchin, tôi lờ mờ hiểu ra rằng điểm xuất phát của Hitchin là phương trình vi phân mô tả một hạt cơ bản gọi là hạt Higgs. Phương trình này có bốn

chiều, nhưng để cho đơn giản, Hitchin rút số chiều xuống còn hai. Khi số chiều còn hai, hệ phương trình có tính chất bảo giác, và vì thế nó không chỉ có ý nghĩa trên mặt phẳng thực, mà còn có thể phát biểu cho mọi diện Riemann. Hitchin phát hiện ra rằng không gian nghiệm là một hệ hoàn toàn khả tích rất đẹp đẽ. Nó có lẽ là một hệ hoàn toàn khả tích tổng quát nhất mà chúng ta biết.

Bài báo của Hitchin đọc rất dễ hiểu. Tôi đọc rất thích thú tuy không hiểu có thể dùng nó vào việc gì trong nghiên cứu của mình. Mấy năm sau tôi đọc lại và vẫn có cảm giác giống như thế. Đến năm 2003 tôi đọc lại lần thứ ba và lần này tôi hiểu ra rằng hệ khả tích mà Hitchin mô tả chính là mô hình hình học mà tôi đã đi tìm bao nhiêu năm.

Thí nghiệm gần đây của CERN khẳng định phán đoán của Englert và Higgs về cơ chế chế tạo khối lượng cho các hạt cơ bản trong Mô hình Chuẩn thực sự là một khải hoàn ca cho trí tuệ con người. Người ta không thôi ngạc nhiên bởi cái mà Wigner gọi là "unreasonable effectiveness" của toán học trong khoa học tự nhiên: những phương trình của Higgs chính là chìa khoá để khám phá một trong những bí mật mà các hạt cơ bản đã chôn sâu nhất. Đối với tôi, việc chính những phương trình này lại là chìa khoá để giải mã một trong những bài toán rất khó của lí thuyết số, là một điều vô cùng kì diệu.

Chắc hẳn bạn đọc sẽ có một hành trình thú vị cùng quyển sách này đi ngược thời gian về thời điểm khám phá ra hạt Higgs. Cảm ơn ban biên tập và các tác giả đã cho chúng ta con tàu để đi ngược thời gian.

GS Giải Fields Ngô Bảo Châu

LỜI PHI LỘ

Quý độc giả kính mến,

Các quốc gia phát triển và nhiều quốc gia khác trên thế giới hiện nay đều có những hạt Higgs của họ cho độc giả đại chúng. Nay chúng ta cũng có một hạt Higgs cho độc giả Việt Nam.

Quyển sách Kỉ yếu Hạt Higgs mà quý độc giả cầm trên tay là kết quả của những nỗ lực của các nhà khoa học sống ở Việt Nam cũng như ở hải ngoại. Nếu tính từ ngày chúng tôi gửi lời kêu gọi tham gia vào đầu tháng 8 năm 2012 cho đến nay đã một năm rưỡi trôi qua, một thời gian dài "kỉ lục" trong các kỉ yếu. Dài nhất có lẽ là thời gian của Kỉ yếu Đại học Humboldt - một năm. Quả là hạt Higgs "khó tìm", trong thực nghiệm, cũng như trong dạng một Kỉ yếu, vì nó không dễ nắm bắt. Nhưng có sao đâu. Thế giới đã chờ 48 năm để tìm hạt boson Higgs thì chúng ta chờ thêm nửa năm nữa có đáng gì. Vả lại, vô tình Giải Nobel 2013 đã "hâm nóng" đề tài hạt Higgs của Kỉ yếu, làm cho nó trở nên "hấp dẫn" gấp bội.

Cơ chế Higgs và Mô hình Chuẩn, lí thuyết của các hạt cơ bản tạo ra khối lượng thấy được của vũ trụ, là cuộc hành trình kì thú của thế kỉ 20, của các nhà vật lí lí thuyết và thực nghiệm. Không ai ngờ cơ chế Higgs để tạo khối lượng, mô hình Quark, sự thống nhất hai lực điện từ và lực yếu, lực mạnh điều khiển và giam các quark, những viên gạch nhỏ nhất mà loài người đi tìm từ thời cổ đại, đã xuất hiện bất ngờ như những mảnh zig zag liên kết thống nhất với nhau trong một bức tranh vô cùng thú vị của tạo hóa. Cơ chế Higgs và gắn liền với nó là sự phá vỡ đối xứng của thuyết điện-yếu thống nhất là "chứng tích" của sự tiến hóa của vũ trụ, đúng như kịch bản Big Bang đề ra.

Sự khám phá hạt Higgs là một xác nhận trọn vẹn Mô hình Chuẩn, giải thích sự vận hành và tương tác của các hạt cơ bản tạo ra vũ trụ này, trong đó có chúng ta, có hành tinh xanh yêu dấu của chúng ta, có dải Ngân hà kì vĩ. Không có hạt Higgs, không có nguyên tử, không có hành tinh, và không có chúng ta. Ngày 4 tháng 7 năm 2012 do đó là "ngày vĩ đại" của vật lí hạt, và của trí tuệ nhân loại.

Thượng Đế tinh tế nhưng không "thâm hiểm" như Einstein nói ư? Chính ông cụ đi tìm mãi bản đồ tạo hóa mà không thấy, nên bực bội nói thêm: Có thể Thượng Đế "thâm hiểm" lắm. Và nhìn vào cấu trúc của các hạt, với những tính chất lượng tử nhiều lớp không ngờ của chúng, với những lực chi phối và kết chúng lại trong lòng các nguyên tử cũng rất ư lạ thường, có người cũng đi đến suy nghĩ, "Trời cao có thể thâm hiểm lắm", ông không dễ tiết lộ một cách dễ dàng "cơ trời" tạo ra khối lượng của vật chất của chúng ta đâu. Con người "thơ ngây" và hời hợt, chờ đợi những cái quá dễ dàng. Thế giới và chúng ta được tạo ra dễ dàng hay sao? Nhưng rồi qua Mô hình Chuẩn và hạt Higgs con người đã bắt đúng mạch tư duy của Thượng Đế, "y chang" như đúc.

Vẻ đẹp của Mô hình Chuẩn và Cơ chế Higgs không trực quan gọn gàng như thuyết tương đối hay lượng tử. Có những cái cũng trực quan được, dễ hình dung, nhưng khi đi vào nhiều chi tiết thì tình hình phức tạp hơn. Ở đây chúng ta có "vẻ đẹp lạ" (strange beauty), như tiêu đề của một quyển sách, vì rất nhiều thứ lạ mắt (Dĩ nhiên thuyết thương đối hay lượng tử đều lạ mắt cả). Lạ và, xét về kĩ thuật, cũng phức tạp nữa. Ở tận cùng đáy sâu của chân lí, tạo vật không quá đơn giản. Vì thế nên nhà vật lí lí thuyết Sidney Coleman của Đại học Havard, học trò của Murray Gell-Mann, mới dám nói một cách "khiêu khích" rằng, một ngàn nhà triết học trong một ngàn năm cũng không khám phá được những gì mà cuộc cách mạng vật lí của thế kỉ 20 đã mang lại về nhận thức cho nhân loại. Tuy nhiên, mọi thứ đều có thể hiểu được: "Không phải Chúa biết, tôi biết, mà cuối học kì, các bạn cũng sẽ biết" như một trong những câu nói nổi tiếng của Sidney Coleman.

Mô hình Chuẩn và hạt Higgs thuộc khoa học cơ bản, trước mắt phục vụ việc tìm kiếm những nguyên lí tối hậu của vũ trụ, thỏa mãn sự tò mò

vô hạn của con người từ bao đời trong khoa học, chứ không ai nghĩ để làm một ngành công nghiệp "quarkonics" với các hạt cơ bản quark của vật chất, điều đã từng xảy ra với electron. Có thể có người nói nó "vô bổ" và "tốn kém". Tốn kém thì đúng. Nhưng "vô bổ" thì chưa chắc. Sau một buổi diễn thuyết nổi tiếng về hiện tượng điện của Faraday tại Royal Society, một vị dân biểu của Quốc hội Anh hỏi: "Công dụng của tất cả những thí nghiệm đẹp kia là gì?". Faraday trả lời một cách gián tiếp: "Công dụng của một đứa trẻ mới sinh ra là gì?". Đứa trẻ sau đó đã trở thành nền công nghiệp điện. Khi J.J. Thomson tìm được electron, điện tử, có người đã "chúc mừng" mỉa mai ông, rằng mong hạt đó sẽ "sống mãi". Rồi ngành kĩ nghệ electronics ra đời.

Trong thời đại Mô hình Chuẩn, world wide web là một sản phẩm phụ của CERN nhưng đã có trị giá thương mại nhiều trăm tỉ Đô la, nếu không nói hơn, so với đầu tư tìm hạt Higgs ở CERN vào khoảng 10 tỉ Đô la. Đâu ai biết được tương lai xa.

Nhân loại vẫn còn nhiều tham vọng phía trước, bởi tất cả các lực của vũ trụ chưa được thống nhất vào một mối. Chúng phải xuất phát từ một luật tổng thể nào thuở xưa khi thế giới còn nóng bỏng, ở đó tồn tại một "siêu đối xứng". Với sự phát hiện hạt Higgs, một chương mới của lịch sử vật lí mở ra mà người ta chưa thấy hết được tầm hệ quả. Các chương trình như *Grand unification* (Đại thống nhất), *Supersymmetry* (Siêu đối xứng) và *String theory* (Lí thuyết dây) với các chiều dư không-thời gian (space-time extradimension) là những dự tính còn ở phía trước. Mô hình Chuẩn có thể phục vụ như một "bàn đạp" hay "trạm trung chuyển", một "hệ quy chiếu" để con người tiến đến những "vì sao" xa hơn trong vũ trụ tri thức mênh mông.

Kể chuyện hạt Higgs "không phải chỉ có hạt Higgs". Mà phía sau là cả một lịch sử phát triển của vật lí hạt đầy kịch tính. Khi Peter Higgs được yêu cầu kể về công trình của ông cho người không chuyên nghiệp nghe, ông bối rối: "Điều đó khó, vì người ta phải trở về thời xa xôi của lịch sử vật lí cho đến tận những nền tảng (của nó)". Sau đó ông bắt đầu câu chuyện bằng Big Bang với những tên của các lực và của những nhà vật lí như những anh hùng với các chiến tích trong truyện cổ tích cho trẻ em.

Nội dung của Kỉ yếu gồm có các phần lí thuyết, lịch sử, cuộc tìm kiếm bằng thực nghiệm quy mô, và phần nhân văn về mối quan hệ giữa khoa học và xã hội. Phần lịch sử cuộc tìm kiếm thực nghiệm hạt Higgs trong các chương 2-3 và 4 đi vào chi tiết với các cây bút chuyên gia quốc tế hàng đầu. Hiểu được phần nào công việc này, mới hiểu thêm cái vinh quang của cuộc tìm kiếm vô cùng công phu. Công trình này là cả một "kì quan" của trí tuệ.

Kỉ yếu đặc biệt vui mừng nhận được *Đôi lời mở đầu* của GS. Ngô Bảo Châu. Đây không phải là lời giới thiệu thông thường để tạo PR cho Kỉ yếu. Thực tế, GS. Ngô Bảo Châu đã tiết lộ sự áp dụng ý tưởng của Cơ chế Higgs để giải quyết Bổ đề toán học Langlands của anh. Đó là một khám phá vô cùng thú vị. Những lí thuyết của vật lí, khi thành công, có thể có những ảnh hưởng vào toán học. Và ngược lại, những lí thuyết toán học đi trước bỗng nhiên một ngày nào đó có ảnh hưởng vào vật lí như "đúc". Đó là một sự thật kì thú của lịch sử.

Chúng tôi hi vọng, quyển Kỉ yếu Hạt Higgs sẽ góp phần đánh thức sự tò mò, thúc đẩy không khí yêu thích khoa học, lí thuyết lẫn thực nghiệm hay áp dụng, đang rất cần cho cuộc đổi mới và xây dựng đất nước. Việt Nam phải làm "người trong cuộc" của nền khoa học thế giới, và giàu có, phát triển, hoặc làm "người ngoài cuộc" và nghèo khó, lạc hậu. Khoa học được xuất hiện từ một cấu trúc xã hội, như một loại cây ghép cành, và trở lại phục vụ xã hội đó một cách đích đáng.

Thành tựu khoa học là sự thể hiện của văn hoá. Phương Tây từ lâu là miền đất có đầy đủ những điều kiện chính trị, xã hội, kinh tế thuận lợi nhất để khoa học phát triển. Phương Tây đã bứt khỏi các nền văn hoá khác từ những thế kỉ 16, 17 nhờ sức mạnh của các khám phá khoa học, công nghệ. Nhưng các quốc gia khác cũng đang cải thiện mình và tham gia ngày càng hiệu quả vào sự phát triển khoa học của thế giới. Khoa học không còn là một "độc quyền". Châu Á, một châu lục đang vươn lên mạnh mẽ, đã có những đóng góp rất quan trọng cho sự hình thành của Mô hình Chuẩn, như Nhật Bản (với Yukawa, Tomonaga, Sakata, Nambu, Kobayashi, Maskawa), Ấn Độ, Pakistan (với Bose, Salam), Trung Quốc (với Yang, Lee, Wu, Ting), và Hàn Quốc (với Benjamin Lee). Lịch sử cho thấy, những dân

tộc nào có óc tò mò cao, thường được đền đáp bằng sự phồn vinh xã hội. Nhật Bản cũng đang tham vọng xây một máy gia tốc lớn để quy tụ tri thức nhân loại về châu Á.

Chương cuối của Kỉ yếu đề cập đến mối quan hệ giữa khoa học và xã hội với nhiều đóng góp rất thú vị. Xã hội Việt Nam chỉ mới có cột đỡ nhân văn, văn chương thi phú và tinh thần bất khuất chống ngoại xâm đến cùng, nhưng chưa có cột đỡ khoa học vững chắc để tạo nên sự phồn vinh, sức mạnh, và đổi mới văn hóa truyền thống đang thiếu chất sống. Người làm khoa học cảm thấy còn lạc lõng. Ở các xã hội phát triển, khoa học là nhân tố trung tâm thấm đẫm các định chế của xã hội, và đại học là những nơi làm ra khoa học, tri thức. Khoa học như các hồng huyết cầu lưu chuyển trong mạch máu để đem đến sự sống cho từng tế bào cơ thể, trực tiếp hay gián tiếp, luôn luôn được sinh ra bất tận. Xã hội nào thiếu khoa học thấm đẫm như thế, xã hội đó yếu ớt và dễ bị suy yếu. Các "cuộc chiến kinh tế" giờ đây là cuộc chiến của các khoa học, công nghệ. Các cuộc chiến tranh bằng súng đạn lại càng như thế. Xưa nay vẫn thế. Tương lai vẫn thế. Thế chiến thứ II lại càng chứng tỏ hơn bao giờ hết là một cuộc chiến tranh của khoa học và công nghệ ở cấp độ cao cấp nhất, tinh vi nhất. Và khoa học có những quy tắc đạo đức nhất định của nó đối với lương tâm mà nếu không được tuân thủ, khoa học chỉ là sự dối trá phá hoại hơn là có lợi cho xã hội, và là "một sự tàn rụi của tâm hồn", như Louis Pasteur từng nói.

Chúng tôi mong mỏi quý độc giả quảng bá cho câu chuyện lịch sử Mô hình Chuẩn, hạt Higgs và cuộc tìm kiếm nó, cũng như tìm kiếm các hạt cơ bản, trong tinh thần thông tin, giáo dục và truyền cảm hứng, là "tôn chỉ" của các số kỉ yếu, và xin đón nhận kỉ yếu với sự lượng thứ cho những thiếu sót tồn tại do lực bất tòng tâm.

Xin chân thành cảm ơn.

Nguyễn Xuân Xanh và Phạm Xuân Yêm

Chương 1

MÔ HÌNH CHUẨN VÀ HẠT HIGGS

MÔ HÌNH CHUẨN CỦA VẬT LÍ HẠT CƠ BẢN[1]

Phạm Xuân Yêm

Khi thuyết Tương đối rộng của Einstein thay thế thuyết Vạn vật Hấp dẫn của Newton, nó không nhằm chỉnh sửa đôi chút định luật nghịch đảo bình phương mà là loại bỏ khái niệm cơ bản cho rằng hấp dẫn là lực hút một vật thể bởi các vật thể khác. Trong thuyết Tương đối rộng, ta không đề cập đến lực mà quan tâm đến độ cong của không gian và thời gian. Tuy hệ quả - của việc thay thế luật hấp dẫn Newton bằng thuyết Tương đối rộng - là có sửa đổi chút xíu (nhỏ hơn một phần triệu) những tiên đoán về sự vận hành của Hệ Mặt Trời, nhưng thuyết của Einstein đã làm một cuộc cách mạng trong nhận thức về tự nhiên. Ngày nay, chúng ta cần một cuộc cách mạng khác nữa.

Steven Weinberg*

Vật lí hạt cơ bản có mục tiêu tìm hiểu, tiên đoán, phân loại, sắp xếp, khám phá những đặc tính cũng như những định luật chi phối sự vận hành của các thành phần sơ cấp cấu tạo nên vật chất trong toàn vũ, góp phần vén mở những kì diệu của thiên nhiên.

Mô hình Chuẩn (the Standard Model, SM) của vật lí vi hạt là lí thuyết diễn tả toàn vẹn và nhất quán hệ thống của những "viên gạch" sơ cấp của vật chất dưới tác động của ba trong bốn lực cơ bản của Tự nhiên: lực điện-

[1] Toàn bộ bài viết được in trong Kỷ yếu: *Hạt Higgs và Mô hình Chuẩn - Cuộc phiêu lưu kì thú của khoa học*, Nxb Tri thức, 2014.

* Night thoughts of a quantum physicist. Bulletin of the American Academy of Arts and Sciences, Vol. 49, No. 3 (Dec., 1995), pp. 51-64.

từ, lực hạt nhân mạnh và lực hạt nhân yếu để từ đó vạn vật hình thành và biến hóa.

Lực hấp dẫn, diễn tả bởi thuyết Tương đối rộng, là lực cơ bản thứ tư mà sự hòa nhập với ba lực của SM hãy còn là câu hỏi để ngỏ chưa có giải đáp, đó chính là cuộc cách mạng mà Weinberg nêu ra, do đó trọng lực không là đối tượng của bài viết.

Việc khám phá ra boson Higgs của CERN với những dấu vết rất khả tín ngày mồng 4 tháng 7 năm 2012 (và được bổ sung thêm nhiều dữ kiện mới ngày càng chính xác từ hai thực nghiệm ATLAS và CMS) là kết quả lao động và đam mê không ngừng của các nhà vật lí từ bao năm qua. Nó mở đầu một chương mới trong vật lí vì đây là lần đầu tiên con người khám phá ra một lực mới lạ, mang khối lượng cho vật chất, có thể coi như lực cơ bản thứ năm của tự nhiên, bên cạnh bốn lực cơ bản quen thuộc. Đây cũng là lần đầu tiên xuất hiện một hạt cơ bản duy nhất có spin 0. Các hạt khác đều có spin khác 0: vật chất tượng trưng bởi quark và lepton có spin 1/2, các boson chuẩn W, Z, γ, g (nối kết và truyền tải thông tin để cho các viên gạch cơ bản của vật chất tương tác với nhau) có spin 1.

Nó gợi ra cách tiếp cận mới về khối lượng của vật chất, khác với quan điểm cố hữu coi khối lượng là cái gì cho trước bởi Tự nhiên mà không ai hiểu được nguồn gốc sâu xa. Theo SM, khối lượng của vật chất được tạo ra bởi sự tương tác của chúng với trường Higgs tràn đầy trong chân không của vũ trụ từ Vụ nổ lớn. Khởi đầu tất cả đều không có khối lượng, do tương tác với trường Higgs mà vật chất mang khối lượng, nặng hay nhẹ tùy theo cường độ tương tác lớn hay nhỏ của chúng, càng tác động mạnh với trường Higgs thì trường vật chất (quark, lepton) càng có khối lượng lớn, quark top tương tác mạnh mẽ nhất, neutrino hay electron yếu hơn. Quan điểm về khối lượng có thể đổi khác từ nay, sự tương tác của vật chất với trường Higgs trong chân không lượng tử, một vũ đài náo nhiệt, mới chính là cội nguồn của khối lượng, mà năng-khối lượng lại chính là tác nhân của lực vạn vật hấp dẫn.

Thay cho lời tạm kết với SM, xin trích vài câu mà Einstein trình bày trong bài giảng về thuyết Tương đối rộng ở Đại học Glasgow năm 1933: "Kết quả cuối cùng rất đơn giản, bất kì một sinh viên thông minh nào cũng có thể hiểu được một cách dễ dàng. Nhưng chỉ có thể hiểu được sau khi đã trải qua

những năm tháng âm thầm tìm kiếm một sự thật mà người ta chỉ cảm thấy chứ không thể diễn tả chính xác. Người ta chỉ có thể hiểu được điều đó khi lòng ham muốn lên đến mức cuồng nhiệt, và khi đã trải qua những giai đoạn tin tưởng rồi nghi ngờ, nghi ngờ rồi tin tưởng cho tới một lúc nào đó bừng hiểu rõ được sự thật sáng sủa".

NHÓM TÁI CHUẨN HOÁ:
MỘT CUỘC CÁCH MẠNG VỀ NHẬN THỨC

Đàm Thanh Sơn

Đôi khi trong các tác phẩm khoa học thường thức, những tiến bộ của vật lí trong thế kỉ 20 được mô tả như một cuộc khám phá các cấu trúc vật chất ngày càng nhỏ. Từ cấu trúc nguyên tử, loài người tìm ra cấu trúc hạt nhân, rồi khám phá tiếp cấu trúc các hạt cơ bản. Theo đó, việc khám phá ra hạt Higgs ở CERN chính là bước cuối cùng trong cuộc chinh phục của loài người vào thế giới vi mô.

Tuy nhiên, có một khía cạnh quan trọng hơn của vật lí thế kỉ 20 là sự khám phá ra các định luật mang tính chất phổ quát của tự nhiên. Các định luật này đôi khi có thể áp dụng được vào những hệ vật lí hết sức khác nhau, ví dụ như các quark và các nguyên tử trong chất lỏng. Điển hình của những khám phá loại này là sự khám phá ra và ứng dụng "nhóm tái chuẩn hoá".

Câu chuyện về nhóm tái chuẩn hoá có hai phần. Phần đầu liên quan đến lí thuyết "điện động học lượng tử", lí thuyết đã mang lại cho Feynman, Schwinger và Tomonaga giải Nobel Vật lí. Lí thuyết này mô tả tương tác giữa các điện tử. Khoảng giữa những năm 1950, người ta tìm ra rằng hằng số tương tác giữa các điện tử ("hằng số cấu trúc tinh tế"), không phải là hằng số. Hằng số này là khoảng 1/137 khi hai điện tử ở xa nhau, nhưng tăng dần lên khi hai điện tử ở gần nhau, càng gần thì hằng số tương tác càng cao. Nếu cho khoảng cách giữa các điện tử giảm dần thì đến một lúc

hằng số tương tác sẽ trở thành vô cùng. Điều này được nhà vật lí Xô viết Lev Landau tìm ra khoảng năm 1955. Phương trình mô tả biến thiên của hằng số tương tác theo khoảng cách được gọi là "phương trình nhóm tái chuẩn hoá".

Nguồn gốc thứ hai của nhóm tái chuẩn hoá là một vấn đề hoàn toàn khác: vấn đề chuyển pha bậc hai. Cần giải thích một chút về chuyển pha bậc hai.

Một quá trình chuyển pha sẽ xảy ra khi ta đun sôi một nồi nước: nước chuyển từ trạng thái lỏng sang trạng thái khí. Chất lỏng và chất khí khác nhau như thế nào thì có lẽ ai cũng cảm thấy được: nước và hơi nước có mật độ rất khác nhau, nước đặc hơn hơi nước rất nhiều. Những chuyển pha như vậy gọi là chuyển pha bậc một.

Thế nhưng đến thế kỉ 19, người ta phát hiện ra rằng ranh giới giữa chất khí và chất lỏng có thể không rạch ròi như thế. Khi tăng áp suất lên, ban đầu vẫn có chuyển pha giữa chất lỏng và chất khí, nhưng chênh lệch mật độ giữa chất lỏng và chất khí dần ít đi. Đến một áp suất nhất định thì hoàn toàn không còn sự khác nhau giữa chất lỏng và chất khí (đối với nước áp suất này bằng 218 lần áp suất khí quyển). Tại áp suất này, chuyển pha bậc một biến thành chuyển pha bậc hai (ngược lại, sự khác nhau giữa thể rắn và thể lỏng, thể khí luôn tồn tại).

Chuyển pha bậc hai không chỉ xảy ra giữa chất lỏng và chất khí. Năm 1895 Pierre Curie tìm ra là nhiều chất sắt từ cũng đi qua chuyển pha bậc hai khi nhiệt độ thay đổi. Những chất này có tính nam châm ở nhiệt độ thấp và không còn tính nam châm ở nhiệt độ cao. Nhiệt độ mà ở đó tính nam châm mất đi là nhiệt độ của một chuyển pha bậc hai.

Lí thuyết chuyển pha Landau

Trong những năm 1930, Lev Landau là người đầu tiên xây dựng lí thuyết về chuyển pha. Theo Landau, mỗi chuyển pha đều gắn với một khái niệm gọi là "tham số trật tự". Với trường hợp chuyển pha trong chất sắt từ thì tham số trật tự là độ nhiễm từ, còn với trường hợp của nước, tham

số trật tự là mật độ. Lí thuyết chuyển pha Landau là một lí thuyết trực giác, đơn giản đưa ra để giải quyết một vấn đề vật lí thực nghiệm nóng hổi, nhưng mang tính phổ quát cao.

Lí thuyết Landau giải thích tại sao phải có các chuyển pha. Tuy nhiên một số chi tiết của lí thuyết này không phù hợp với thực nghiệm. Những chi tiết này liên quan đến sự biến thiên của tham số trật tự xung quanh chuyển pha bậc hai. Tham số này được gọi là beta, Landau tiên đoán giá trị của beta phải bằng 1/2. Tuy nhiên thực nghiệm ngay từ đầu thế kỉ trước cho thấy beta gần bằng 1/3 thì đúng hơn. Khác với giá trị 1/2 của Landau, không có một lí thuyết đơn giản nào cho giá trị beta bằng 1/3. Điều này khiến cho nhiều người thấy khó có thể chấp nhận những kết quả thực nghiệm - có lẽ đã có một sự sai sót nào đó chăng?

Năm 1944 nhà vật lí người Mĩ Onsager đã đưa ra lời giải chính xác cho mô hình đơn giản nhất của chất sắt từ - mô hình Ising hai chiều. Onsager chỉ ra là beta trong mô hình hai chiều này bằng 1/8 - một con số khác rất nhiều so với con số 1/2 của Landau. Như vậy đã có một bằng chứng không thể phủ nhận được là lí thuyết Landau về chuyển pha cần được thay đổi. Tuy nhiên, mọi cố gắng giải chính xác mô hình Ising ba chiều vẫn chưa thành công.

Cuộc cách mạng của Kenneth Wilson

Khoảng những năm 1960, một chuỗi khám phá trong vật lí thống kê đã dẫn đến lời giải cho bài toán về chuyển pha bậc hai. Điểm mấu chốt trong lời giải này là ta phải thay đổi cách nhìn vấn đề. Leo Kadanoff là người đầu tiên nhận thức được điều này. Ông cho rằng để giải quyết vấn đề chuyển pha trong chất sắt từ, phải tưởng tượng là ta gộp hai nguyên tử lại và thay nó bằng một nguyên tử đại diện. Tương tác giữa các nguyên tử đại diện này sẽ hơi khác so với tương tác giữa các nguyên tử ban đầu. Bước tiếp theo, ta lại thay hai nguyên tử đại diện bằng một đại diện cao hơn. Tương tác giữa các nguyên tử ở mức này cũng sẽ thay đổi. Nói nôm na, có thể tưởng tượng là ta tổ chức một tập hợp người ở cấp xã, cấp huyện, cấp tỉnh,

cấp quốc gia, v.v., và có những luật riêng cho việc tương tác giữa các xã, giữa các huyện, giữa các tỉnh, v.v.

Cách giải quyết của Kadanoff có liên quan gì đến lí thuyết chuyển pha bậc hai? Đó là vì tại điểm chuyển pha, luật tương tác giữa các nguyên tử đại diện không thay đổi khi ta đi từ mức thấp lên mức cao hơn. Vẫn theo ví dụ nôm na của ta ở trên, luật cho tương tác giữa các xã giống hệt như luật cho tương tác giữa các huyện, giữa các tỉnh. Điều này chỉ xảy ra khi hệ vật lí nằm đúng ở điểm chuyển pha bậc hai.

Kenneth Wilson mô tả sự biến thiên của các đại lượng vật lí từ cấp dưới lên cấp trên trong phương trình tái chuẩn hoá của lí thuyết trường, và các chuyển pha bậc hai là những nghiệm đặc biệt của phương trình này (gọi là "điểm cố định"). Wilson cùng nhiều người khác đã ứng dụng thành công lí thuyết trường vào việc mô tả các chuyển pha bậc hai. Sau công trình của Wilson, có thể nói ta đã hiểu được bản chất của các chuyển pha.

Lí thuyết nhóm tái chuẩn hoá mới đã dẫn đến một cuộc cách mạng trong nhận thức về vai trò của lí thuyết trường trong vật lí hiện đại. Lí thuyết trường, từ một lí thuyết mô tả các hạt cơ bản, trở thành lí thuyết vạn năng có khả năng mô tả các hiện tượng trong nhiều hệ vật lí khác nhau, kể cả những hệ không liên quan đến vật lí hạt cơ bản mà thuộc về vật lí chất rắn, chất lỏng.

Nhóm tái chuẩn hoá đã chấm dứt xu hướng chia tách giữa các ngành vật lí. Trước đó, các nhà vật lí lí thuyết hạt cơ bản không thể nói chuyện chuyên môn với các đồng nghiệp trong lí thuyết chất rắn. Điều này gây ra không ít mâu thuẫn trong ngành vật lí. Sau khi nhóm tái chuẩn hoá được ứng dụng vào lí thuyết chuyển pha, vật lí lí thuyết lại trở thành một thể thống nhất: các công cụ của một ngành vật lí có thể được ứng dụng vào một ngành khác.

Lời kết

Lí thuyết Landau-Wilson đóng vai trò trung tâm trong bức tranh về các chuyển pha. Tuy nhiên từ cuối thế kỉ 20-đầu thế kỉ 21, ngày càng có nhiều

chuyển pha không thể mô tả được bằng lí thuyết này. Đây là những chuyển pha không có "tham số trật tự" mà Landau đã đưa ra.

Một trong những chuyển pha hiện đang được tập trung nghiên cứu cao độ là các chuyển pha topo. Đây là chuyển pha giữa các trạng thái có tính chất topo khác nhau. Nói một cách nôm na, đó là chuyển pha từ cái cốc không quai sang cái cốc có quai. Liệu những nghiên cứu này đã dẫn đưa đến một sự thay đổi về nhận thức trong vật lí chất rắn? Một lần nữa lí thuyết trường - "lí thuyết trường topo" - có thể trở thành cụm từ cần dùng để mô tả những trạng thái mới của vật chất, thường được gọi là các trạng thái topo.

Liệu những nghiên cứu này có dẫn đến những đột phá về kĩ thuật hay không? Nhiều người hi vọng là những trạng thái topo sẽ giúp chúng ta chế tạo ra máy tính lượng tử. Nhưng đây lại là một chủ đề khác.

HẠT HIGGS và CHÚNG TA

Nguyễn Xuân Xanh[1]

Không có gì tồn tại ngoài các nguyên tử, atomos, và không gian rỗng; tất cả những thứ khác như màu sắc, vị ngọt, đắng của sự vật đều có tính biểu kiến.

Democritus

Chúng ta không là gì cả. Nhưng những gì chúng ta đi tìm, là tất cả.

Hölderlin

Tóm tắt - Mô hình Chuẩn, lí thuyết chuẩn của vật lí hạt thế kỉ 20, có thể ví như một đô thị lượng tử dưới lòng đất cấp hạ nguyên tử siêu nhỏ với nhiều loại "cư dân", nhiều quy luật nghiêm ngặt chi phối từng loại cư dân. Có loại cư dân "lao động" (quark, lepton) tồn tại để cho nguyên tử, phân tử, vật chất, con người và vũ trụ tồn tại, giống như những "chú ong thợ" li ti suốt đời chỉ biết cặm cụi lao động cho sự tồn tại của kẻ khác; và loại cư dân "quản lí" (các boson truyền lực) có chức năng làm "cảnh sát" và/hay "đưa tin". Tất cả được xây dựng trên nền móng là trường của hạt Higgs, là hạt mà cộng đồng vật lí hạt đi tìm ngót nửa thế kỉ qua, mà nếu không có cơ chế đặc biệt này, vũ trụ và chúng ta sẽ thành hư vô. Các cư dân này là "đại biểu" của các cư dân cùng loại cư ngụ trong toàn vũ trụ, giống hệt nhau về

[1] Tác giả cảm ơn GS. Phạm Xuân Yêm, Paris, một trong những chuyên gia Việt hàng đầu về vật lí hạt, người đã kiên trì giải thích nhiều câu hỏi chuyên môn, cũng như đọc lại bản thảo; nếu vẫn còn sai sót, thì đó là phần của tác giả. Bạn đọc cần đọc thêm bài của GS. Yêm về Mô hình Chuẩn trong kỉ yếu để hiểu Mô hình Chuẩn rõ hơn, nhiều hơn, nhất là những ai có mối quan tâm chuyên sâu.

mọi phương diện như những giọt nước. Đô thị và các cư dân có những tính chất lượng tử và tương đối tính rất đặc thù. Hạt không còn là hạt, mà có một dasein thứ hai: sóng. Sóng-hạt là khái niệm "nhị nguyên" có tính cách mạng của thuyết lượng tử, và cần đến thuyết trường để mô tả chính xác. Thuyết lượng tử là một "khoa học bí mật", "thần bí", nhưng không phải tất cả những gì thần bí đều là thuyết lượng tử chính xác. Thế giới đó luôn luôn sôi động, sinh, diệt, hợp, tan, là lẽ thường, để giữ vững sự bình yên và ổn định của chúng ta. Con người để là con người, cần đến biết bao nhiêu hành động kì diệu của tạo hóa. Và khi thân xác con người "trở về cát bụi", thì nó trở về đâu? Về thế giới lượng tử kia.

Phá vỡ đối xứng trong chân không bởi cơ chế Higgs, một khái niệm trung tâm của vật lí hạt cơ bản, mở đường cho sự phát triển vật chất và tiến hóa mà vạn vật và con người cuối cùng là sản phẩm. Ngạc nhiên thay, phá vỡ đối xứng cũng được tìm thấy ở dưới đất: *hacho*, phá vỡ đối xứng và hài hòa trong nền nghệ thuật của Nhật Bản, hàm chứa động lực phát triển, khác với Trung Hoa là vương quốc luôn luôn đi tìm đối xứng. Bất đối xứng này ẩn dưới bề mặt của sự đối xứng hài hòa của xã hội phương Đông, hiện tượng vật lí hạt gọi là đối xứng ẩn. Xã hội phong kiến từng nhân danh hài hòa giữa trời, đất, vua, tôi để tự bảo tồn trật tự hàng nghìn năm, ngăn cản sự phát triển, cho đến khi trật tự ấy bị phá vỡ trong sự va chạm với văn minh phương Tây. Nhật Bản, vốn chứa đựng tính phá vỡ hài hòa từ bên trong, có lẽ đã dễ dàng chấp nhận sự phá vỡ đối xứng ấy gây ra từ bên ngoài, và nhanh chóng phát triển, trong khi Trung Hoa chấp nhận nó khó khăn, dẫn đến sụp đổ và đau khổ.

Vật lí hạt cơ bản là cuộc phiêu lưu thế kỉ, một "đại tự sự", kéo dài từ đầu thế kỉ 20, qua những chặng đường đầy kịch tính, để rồi hoàn tất vào hai thập niên cuối cùng của thế kỉ, tiến hóa từ con vịt xấu xí thành thiên nga lộng lẫy. Vật lí hạt không phải để đi tìm hạt như công việc "tìm bướm" của nhà động vật học, mà chỉ sử dụng hạt để đi tìm các nguyên lí tối hậu dưới đáy của vũ trụ (Weinberg). Hiểu vật lí hạt cơ bản là để hiểu cái to lớn của trí tuệ con người, những sinh vật nhỏ bé đến độ vô nghĩa trong biển vũ trụ mênh mông, và hiểu những quy luật chi phối vô cùng tinh tế.

Nếu mặt trời chiếu sáng thái dương hệ mênh mông thì trí tuệ con người đang chiếu sáng lâu đài đẹp đẽ của tạo hóa ở nơi sâu thẳm nhất của vũ trụ. *"Chân ngã chiếu sáng trong vũ trụ bằng trí tuệ"* (The self shines in space through knowing) như kinh Upanishads viết. Đi tìm chân lí luôn luôn là niềm mơ ước của con người từ lúc bị đuổi khỏi địa đàng vì ăn phải trái táo cấm tri thức của Thượng Đế, bị giam mình trong thế giới *bất đối xứng* ở dưới kia, với mơ ước trở về đối xứng trên kia, và một ngày nào đó sẽ nhận diện được bản đồ của tạo hóa, như giấc mơ của Einstein, được *"nhìn mặt đối mặt"* với Thượng Đế.

Mô hình Chuẩn chưa phải là "thuyết của tất cả", hay "thuyết của gần như tất cả", nhưng quả thật con người đã tiến một bước ngàn dặm trong sự hiểu biết thế giới vi mô và vũ trụ, mở ra nhiều hi vọng và kì vọng cho những giai đoạn sắp tới. Cùng với vũ trụ học và Mô hình Chuẩn, con người đã có một bản đồ vũ trụ hoành tráng hơn tất cả mọi thời đại. Tiếp đến thế kỉ 21, vật lí nào đây sẽ đến, cách mạng khoa học nào đây sẽ đến? Những Newton, Einstein, Planck nào sẽ xuất hiện? Những bứt phá của thế kỉ 20 là sự dọn đường cho những bứt phá kì vĩ thế kỉ 21?

Những khám phá khoa học "gây sốc" của thế kỉ qua là những nhân tố vô giá của nền văn hóa thế kỉ 20 chứa đựng đầy những kì quan chưa từng thấy. Nếu bị cắt khỏi phần khoa học này, chúng ta sẽ giống như công dân của thành phố Florence, mà không được chiêm ngưỡng các tác phẩm tranh trần, tranh tượng của những nghệ sĩ vĩ đại thời Phục hưng như Timothi Ferris từng nói, hay sẽ rơi vào một "bi kịch" bởi thiếu đi phần văn hóa chứa đựng nền tảng của khoa học này như Steven Weinberg viết. Người Việt Nam hãy nhanh chân, nếu không muốn tiếp tục bị bỏ lại xa hơn nữa trên đại lộ của tri thức ngày càng tăng tốc. Tò mò của tri thức không phải trò chơi vô nghĩa. Lịch sử đã cho thấy, động cơ tò mò mạnh mẽ thường được vinh danh với sự kính trọng, và đền đáp lại bằng sự phồn vinh và tiến bộ xã hội. Dân tộc Phù Tang là một ví dụ cổ điển gần gũi không thể quên.

Tác giả muốn chia sẻ với độc giả những gì một con kiến vô minh, vì sự tò mò, bò vào núi chữ của vật lí hạt để tìm ra các dấu vết con đường mòn

mà những người khổng lồ đã đi qua, mong muốn truyền đạt lại những ấn tượng của cuộc hành trình vĩ đại đã cuốn hút bao nhiêu người ngay từ những nốt nhạc đầu. Bài này, nói về những ý tưởng, lịch sử và nhân văn, vẫn còn nhiều điều thiếu sót và chưa nói hết. Nếu độc giả ở nơi này nơi kia cảm thấy rối rắm, hay khó chịu, là do "lực bất tòng tâm". Vật lí lượng tử, tự nó, là "ngược với lẽ thường" và đầy "rối rắm". Xin được đón nhận trong sự cảm thông và lượng thứ.

PHẦN I

Có nhiều thứ trên Trời và dưới Đất, Horatio,
Hơn là được mơ tưởng trong triết lí chúng ta.
Shakespeare, *HAMLET*

GIẢI NOBEL 2013

Ngày 4 tháng 7 năm 2012 toàn thế giới đã nhận được một tin "hỏa tốc" ở cấp độ cao nhất của sự kích thích, không phải như tin cuộc tấn công vào tòa tháp Trung tâm Thương mại Mĩ, hay tin về cuộc ám sát Tổng thống John F. Kennedy, hoặc tương tự, mà là về việc CERN đã tìm ra "hạt của Chúa" bởi cỗ máy gia tốc vĩ đại LHC với khối lượng khoảng 125 GeV (Giga electron Volts) như dự đoán bởi lí thuyết! Cuối cùng cỗ máy mạnh mẽ đã "rung" được trường Higgs im lìm lan tỏa trong vũ trụ để đánh bật ra được hạt Higgs của nó. Nó xuất hiện cực kì ngắn ngủi trong các cuộc va chạm, nhưng sự phân rã hạt nhân của nó đã để lại những dấu vết mà các máy dò có thể phát hiện được, cũng như phân tích đống gạch vụn có thể giúp tìm ra khối lượng của nó.[2] Đó là phương pháp nhìn của các nhà thực nghiệm ở thế giới siêu nhỏ. Hai tổ máy dò tinh xảo CMS và ATLAS của hai đội lần lượt được hơn ba ngàn nhà khoa học thao tác, và các thành viên ngồi trước

---

[2] *Science News*, 27.

màn hình máy tính khắp nơi trên thế giới theo dõi và phân tích các núi dữ liệu. Đó quả là kì công của *Big Science*, khoa học lớn. Đó không phải là thành công của chỉ CERN, hay của các nhà vật lí, mà thành công của cả trí tuệ nhân loại.

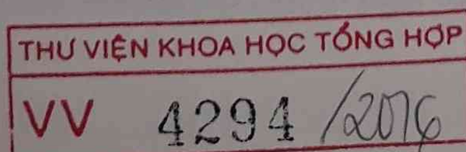
"Chúng ta giờ đây đã tìm ra viên đá nền tảng còn thiếu của Mô hình Chuẩn", Giám đốc CERN Rolf-Dieter Heuer tuyên bố. "Đó là một ngày trọng đại cho các nhà vật lí hạt, và một khám phá sâu sắc rằng tự nhiên hoạt động thế nào" như Pier Oddone[3], Giám đốc của Fermilab phát biểu. "Chúng ta đã đi sâu vào cấu trúc của vũ trụ ở mức độ chưa bao giờ đạt đến trước đây", nhà vật lí Joe Incandela[4] (Giáo sư của Đại học UC Santa Barbara), phát ngôn viên của một trong hai đội khám phá hạt Higgs (CMS) nói. Peter Higgs, 83 tuổi, ngồi trong xêmina tuyên bố cảm động rõ ràng: "Thật là một điều không thể tin được là sự khám phá này lại xảy ra trong đời tôi."[5] Thế giới đã để ra không biết bút mực nào để viết về hạt Higgs, và người ta tự hỏi: Ai sẽ là người lĩnh giải Nobel cho ý tưởng cơ chế Higgs? Giờ đây, sau hơn một năm, Ủy ban giải Nobel cuối cùng đã trao giải Nobel danh giá cho François Englert (Bỉ) và Peter Higgs (Anh), hai trong sáu nhà vật lí có những đóng góp đầu tiên cho cơ chế Higgs, có thể gọi là cơ chế BEH, tên viết tắt của ba người công bố đầu tiên Brout (đã mất), Englert và Higgs; hay cơ chế BEHHGK, hay còn tên dài hơn nữa nếu tính thêm người cha "đỡ đầu" ý tưởng Philip Anderson, hay Yoichiro Nambu, và "bà mụ trẻ" Gerard 't Hooft, người đã có công làm cho thuyết trường lượng tử của lực thống nhất điện-yếu được "sạch sẽ" những khó khăn về toán học để có thể "thưởng thức" được. Ba tên tuổi nữa chưa được tính trong giải này, đó là Gerald Guralnik, Carl Hagen (hai người Mĩ) và Tom Kibble (Anh). Đó là chưa tính đến hàng ngàn khoa học gia của 80 quốc gia chung sức đi tìm "hạt của Chúa" tại CERN. Giải Nobel làm nhiều người hài lòng, nhưng không phải tất cả.

---

[3] *Science News*, 6.

[4] *Science News*, 28.

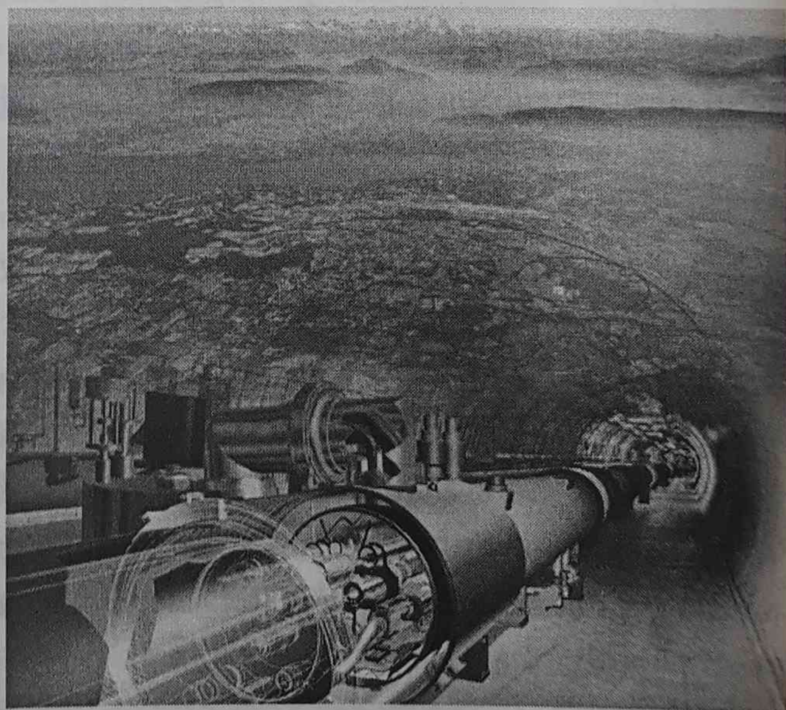
[5] *Science News*, 5.



Hạt Higgs đã tiến hóa từ một *giả thuyết* để trở thành *niềm tin* trong cộng đồng vật lí hạt cơ bản. Với giải Nobel 1979 cho ba tác giả của thuyết thống nhất hai lực điện-từ và lực yếu, rồi giải Nobel 1984 cho hai tác giả đã khám phá ra các boson truyền lực yếu *W*, *Z*, thì niềm tin vào sự tồn tại của hạt Higgs đã "chắc như đinh đóng cột", bởi thuyết thống nhất điện-yếu dựa trên cơ chế Higgs. Nếu thuyết điện-yếu đúng thì cớ gì hạt Higgs lại sai? Không có lửa thì sao lại có khói?



François Englert (trái) đang trò chuyện với Peter Higgs tại một hội nghị do CERN tổ chức tại Gevena ngày 12 tháng 7 năm 2012, sau khi hạt Higgs được tuyên bố tìm thấy (Ảnh: REUTERS).



Cảnh quan máy gia tốc khổng lồ LHC của CERN ở thành phố Geneva, núi Mont Blanc, đường chu vi và đường hầm của LHC nơi đã tìm ra hạt Higgs. Ở đây các hạt được nâng lên tới năng lượng cả chục TeV (Tera electron Volts), hay chục ngàn tỉ eV trước khi va chạm (Courtesy of CERN).

Hạt Higgs "lớn" bao nhiêu và tại sao lại quan trọng đến như vậy? Xin thưa: nó được xem như không có kích thước, chỉ là một điểm chấm, không

chứa hạt nào bên trong cả, theo hiểu biết đến nay, được xem là một trong 17 hạt cơ bản, nhỏ hơn 10^{-18} m nếu nói về kích thước, tức là 0. 000 000 000 000 000 001 m. Thế nhưng tại sao nó lại quan trọng như thế? Bản thân các hạt Higgs thật ra không quan trọng, nhưng chúng lại là *bằng chứng* và *biểu tượng* của trường Higgs tồn tại đầy trong vũ trụ, giống như hạt photon và trường điện từ. Hạt Higgs tự nó không tạo ra khối lượng, mà chính trường Higgs mới tạo ra khối lượng cho các hạt vật chất khác, thông qua cái được gọi là cơ chế Higgs, như đã nói ở trên. Trường Higgs không được cấu tạo bằng các hạt, mà chứa một loại "tích" (charge, như điện tích) có mặt khắp chân không. Các hạt tương tác với lực yếu (các lepton như electron, quark, các boson truyền lực yếu, bản thân hạt Higgs) sẽ tương tác với "tích Higgs", từ đó có khối lượng. Càng tương tác nhiều, khối lượng càng lớn. "Lực Higgs" không tương tác bằng cách trao đổi các boson Higgs, như các lực điện-từ, lực yếu và lực mạnh. Nếu người ta kích thích vào trường Higgs bằng cách thêm một lượng thì năng lượng có thể tạo ra được hạt Higgs.

Vậy nên boson Higgs được xem là biểu hiện của trường Higgs, được đồng hóa với sự tồn tại của trường và cơ chế Higgs. Sự khám phá hạt Higgs do đó có ý nghĩa cho sự xác nhận cuối cùng của Mô hình Chuẩn, rằng nó là nhất quán. "Thấy mới tin", mặc dù cơ chế Higgs được áp dụng với những kết quả chính xác "như đúc" từ mấy thập kỉ qua. Sự quan trọng của cơ chế Higgs được dồn vào hạt biểu tượng Higgs. Cho nên người ta nói, không có hạt Higgs, không có chúng ta, không có tình yêu, tinh tú, thiên hà. Hạt Higgs đã từng bị một nhà xuất bản đổi tên từ "hạt trời đánh", đáng "nguyền rủa", thành "hạt của Chúa" bởi tác giả giải Nobel Leon Lederman, vì tìm nó mấy thập kỉ với bao gian nan tốn kém mà vẫn chưa thấy, để rồi bị dư luận phê phán vì chữ "Chúa". Nhưng điều đó cũng không có gì ghê gớm nếu chúng ta biết rằng Einstein là người sử dụng từ Chúa nhiều nhất, mặc dù ông không tin vào Chúa của đời thường. Đó chỉ là cách nói truyền thống của phương Tây từ thời xa xưa đến thời Phục hưng.[6] Việc đi tìm hạt

[6] Ngày nay đến 95% các nhà khoa học là "vô thần". Newton trước khi mất từ chối nhận *sacrament* ("bí tích xức dầu kẻ liệt"); đương thời ông thỉnh thoảng lại bị xem là "dị giáo".

Higgs là cực kì khó, khó như đi tìm một cây kim trong cả triệu đống rơm, và lại vô cùng tốn kém. Từ hàng tỉ sự va chạm hạt diễn ra hằng giây đồng hồ trong lò phản gia tốc, hiếm khi có một hạt Higgs xuất hiện. Nhưng với cỗ máy LHC 10 tỉ Đô la Mĩ, hạt Higgs quả đã khó "có cửa trốn thoát".

Cả quá trình xây dựng Mô hình Chuẩn là các trò chơi "trốn tìm" ngoạn mục đầy kịch tính giữa nhà khoa học và mẹ Tự nhiên, khi thì nhà khoa học bị thách đố trước những sự kiện từ trên trời rơi xuống hay từ các máy gia tốc tạo ra, làm rối bời, vỡ mộng, khi thì nhà khoa học "bắt mạch" đúng những hạt mới mà Tự nhiên muốn giấu, nhưng phải đợi năm, mười năm mới tìm được sự xác nhận thực nghiệm. Riêng hạt Higgs phải cần ngót nửa thế kỉ mới tìm thấy chứng cứ. Trong nửa đầu của thế kỉ 20, các nhà "hái lượm" của vật lí hạt chiếm sân khấu, họ là những nhà thực nghiệm, những thu hoạch của họ đã đặt khoa học trước những vấn đề có tính quy luật, lí thuyết rất "nghiêm trọng". Nửa sau thế kỉ, các nhà lí thuyết chiếm lại sân khấu. Các thuyết tương đối và lượng tử trong ba thập kỉ đầu của thế kỉ 20 đã khai mào cho một cuộc cách mạng vĩ đại chưa từng có trong lịch sử vật lí thế giới. Những năm của nửa sau thế kỉ 20, các nhà lí thuyết sử dụng những công cụ đó một cách tinh tế hơn để tìm "bản đồ" bí mật của mẹ Tự nhiên. Và họ đã rất thành công, Mô hình Chuẩn là một "kì tích" của trí tuệ, thế kỉ 20 là *Thế kỉ thần kì*, bắt nguồn từ *Năm thần kì* 1905 của thanh niên 26 tuổi Albert Einstein thuộc Sở Sáng chế Thụy Sĩ đã bộc lộ tài năng toàn diện cùng một lúc, thay đổi cách tư duy của thế giới về không gian, thời gian, bản chất của ánh sáng và vật chất, đúc lại các nền tảng của vật lí hiện đại.

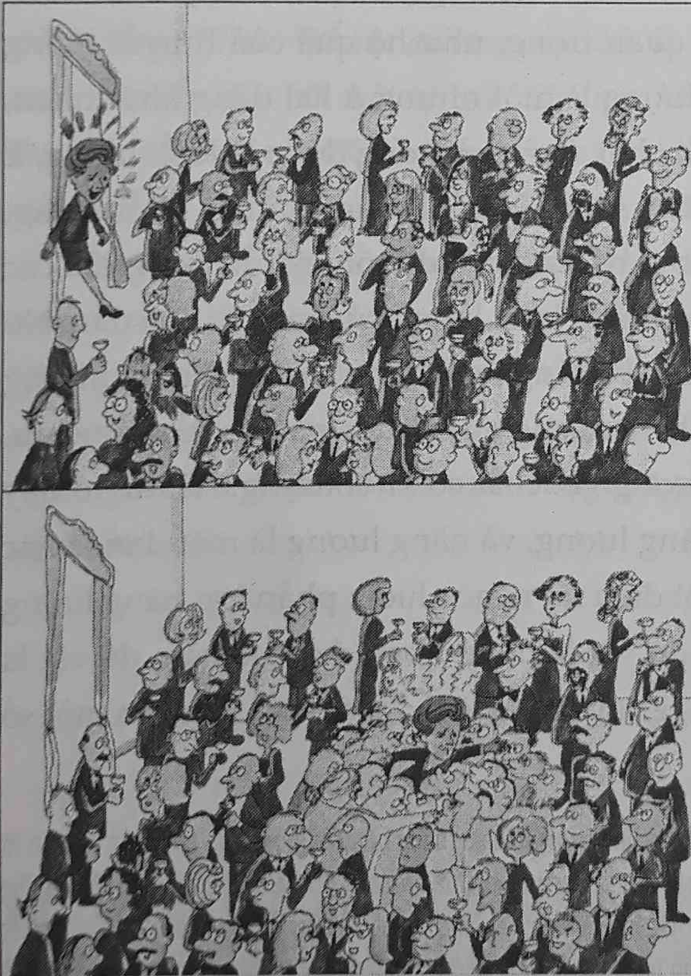
Tìm thấy hạt Higgs đã đẩy niềm hi vọng lên cao, rằng nhân loại đang có một bước tiến vĩ đại trong tương lai. Một cửa sổ được mở ra thế giới còn chưa thấy. Có thể boson Higgs là thành viên của một gia đình rộng lớn hơn nhiều, với các bà con họ hàng có thể giúp hiểu vũ trụ nhiều hơn, như vật chất tối trong vũ trụ và lực hấp dẫn. "Chúng ta đang ở ngay biên giới của một cuộc thám hiểm mới" Incandela nói. "Có thể chúng ta không thấy gì ngoại hạng hơn... hoặc chúng ta mở ra cả một vương quốc mới của khám phá."[7]

---

[7] *Science News*, 29.

NGUỒN GỐC CỦA KHỐI LƯỢNG

Nhà vật lí David Miller của nhóm vật lí thuộc University College London nhằm tranh thủ sự tài trợ của chính phủ Anh cho CERN đã đưa ra hình tượng này để mô tả cơ chế Higgs tạo khối lượng: hãy tưởng tượng bà Margaret Thatcher, do sự nổi tiếng của bà, khi bước vào một phòng tiếp tân đầy chính khách, bà bị vây quanh, tốc độ đi của bà chậm lại, dù bà muốn đi tiếp, sức ì là "khối lượng".[8] Sức ì, hay quán tính, là đặc trưng của khối lượng. Những ví dụ minh họa đại loại như thế có nhiều. Tuy nhiên, những hình ảnh này chỉ có tính chất minh họa cho dễ hiểu chứ quá trình tạo khối lượng trong vật lí khác hơn.



Mô tả cơ chế Higg tạo ra khối lượng của David Miller.

Khi Margaret Thatcher bước vào phòng bà liền bị vây quanh, bị tạo sức ì, tức khối lượng (Courtesy of CERN).

[8] Xem thêm chi tiết trong *Baggott*, 2012, 173-176.

Nhưng có phải khối lượng được tạo ra bằng cơ chế Higgs là *tất cả* khối lượng của vật chất thấy được trong trời đất hay không? Thực tế là không. Khối lượng do hạt Higgs tạo ra chỉ bằng 1% tổng khối lượng thấy được của thế giới. Nhưng nó vẫn quan trọng, vì không có nó thì *ngay lập tức* tất cả các viên gạch cơ bản quark của nguyên tử sẽ nhẹ như hạt photon của ánh sáng, bay tứ tán với tốc độ của ánh sáng, và không có nguyên tử nào được kết thành, đồng nghĩa là không có vật chất và chúng ta. Khi có khối lượng từ cơ chế Higgs, sẽ có khối lượng lớn hơn tiếp theo sau: khối lượng từ các gluon của lực mạnh nguyên tử không ngừng canh giữ và quản lí các quark trong các hạt proton và neutron của nhân nguyên tử. Lực mạnh này cũng là lực làm nên bom nguyên tử. Công thức "năng lượng bằng khối lượng" của Einstein đã giải quyết vấn đề này. Năm 1905 ông đã đưa ra một định luật quan trọng, như hệ quả của thuyết tương đối hẹp: khối lượng và năng lượng là một nhưng ở hai dạng khác nhau, thể hiện qua công thức $m = E/c^2$ hay $E = mc^2$, trong đó m là khối lượng, E là năng lượng và c là vận tốc ánh sáng.[9] Năng lượng chính là khối lượng. Điều này thể hiện rõ trong các máy gia tốc, ở đó tổng khối lượng của các hạt sau va chạm thường lớn hơn tổng khối lượng của các hạt ban đầu. Nó cũng được thể hiện ở trường hợp tia sáng tuy không có khối lượng nhưng vẫn bị mặt trời hút làm cong khi đi ngang qua. Theo lực hấp dẫn Newton, lực hút diễn ra giữa các đối tượng vật chất có khối lượng. Nhưng ở đây tia sáng vẫn bị hút, vì nó có năng lượng, và năng lượng là một dạng khác của khối lượng.[10] Cho nên, một điều rất ngạc nhiên: phần lớn năng lượng trong người của bạn hay của đồ vật là để giữ bạn được là bạn, đồ vật là đồ vật! Vật chất mà trường Higgs tạo ra có lẽ là "của quý" nên cần một số

---

[9] Tất cả các khối lượng nói ở đây đều là khối lượng tĩnh của các hạt. Tương tự, khối lượng của hạt nhân nguyên tử không bằng, mà *nhỏ hơn* tổng khối lượng của các hạt proton và neutron làm nên nó. Sự chênh lệch này tương ứng với một năng lượng, theo công thức tương đương của Einstein. Đó cũng chính là năng lượng của lực mạnh để kết nhân nguyên tử lại, gọi là *năng lượng kết*. Chính năng lượng này, sẽ được giải phóng thành *năng lượng nguyên tử* khi có sự phân hạch (fission), làm thành sức mạnh của điện hay bom nguyên tử. Trong trường hợp của tổng hợp (fusion) tương tự. Xem *Goldman Lexikon*, 347.

[10] *Einstein & Infeld*, 242.

năng lượng lớn nhiều lần để gìn giữ nó! Việt Nam có câu "của một đồng, công một lượng", nếu hiểu công ở đây là để giữ của quý đó, thì nó đúng trong trường hợp này.[11]

Các hạt proton (điện tích +1) và neutron (trung hòa), làm thành nhân nguyên tử, nhân này được bao bọc bởi một "vỏ" gồm các electron (điện tích -1, đơn giản đơn vị *e*) xung quanh, có bao nhiêu proton trong nhân thì có bấy nhiêu electron để cân bằng điện tích, để nguyên tử trở thành trung hòa (nhưng thực tế cũng có ít điện tích lọt ra ngoài để kết nối các nguyên tử làm thành phân tử trong hóa học). Proton là tên được Rutherford, người tìm ra nó đặt, lấy từ tiếng Hi Lạp *prōton*, dạng trung hòa của *prōtos*, đầu tiên.

Hạt Higgs, nếu biết nói, có thể nói với các anh em quark và lepton của mình rằng: "*Thân thể của anh em đâu phải là của riêng mình nữa, vì anh em đã được đưa đến đây với một cái giá. Cho nên hãy tôn vinh (Hạt) Thiên Chúa nơi thân xác anh em*" như Kinh Côrintô do tông đồ Phaolô gửi tín hữu ở Côrintô viết.[12]

Câu hỏi về nguồn gốc của vật chất thật vô cùng khó khăn, tưởng chừng như không có lời giải đáp. Ngay Charles Darwin còn nhận xét: "*Suy nghĩ về nguồn gốc của sự sống cũng là điều vô nghĩa cũng như suy nghĩ về nguồn gốc của vật chất.*"[13] Nhưng thực tế hơn một thế kỉ sau Darwin, con người đã hiểu được cơ chế tinh vi nguồn gốc của nó và sự cấu thành của vật chất.

---

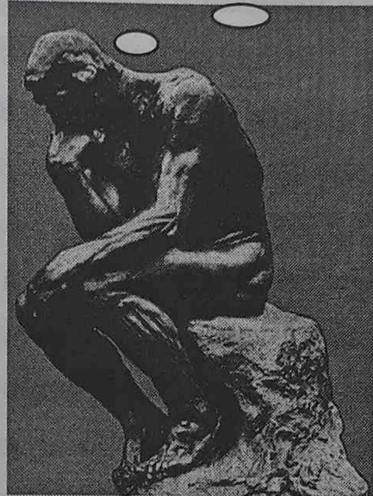
[11] Tham khảo thêm chi tiết trong Frank Wilczek, *The Lightness of Being*, Chương 10, "The Origin of Mass". Wilczek có lẽ là người dành nhiều công sức nhất để lí giải về câu hỏi *Khối lượng từ đâu tới*. Một version ngắn của tác giả có thể tìm thấy trên mạng: http: //www. frankwilczek. com/Wilczek_Easy_Pieces/342_Origin_of_Mass. pdf

[12] Côrintô (Corinthians), Thư 1, Đoạn 6, Câu 19-20.

[13] Kane, *Perspectives on LHC Physics*.

CÁI GÌ LÀM NÊN THẾ GIỚI?

"Cái gì làm nên thế giới" và "Cái gì đã kết nó lại"



Tượng "người tư duy" của Auguste Rodin.
Những câu hỏi bất diệt.

Vật lí học hạt cơ bản mà Mô hình Chuẩn là trung tâm có mục đích trả lời câu hỏi *Vật chất được làm bằng gì ở tầng cơ bản nhất*? Có hay không những hạt cơ bản mà các triết gia cổ đại Hi Lạp đã hỏi và gọi là *atomos*, nguyên tử, từ hơn 25 thế kỉ qua? Chúng ta và vũ trụ từ đâu mà có? Thế kỉ 17 Newton diễn tả sống động: "Đối với tôi, rất có thể Chúa vào buổi đầu đã tạo vật chất bằng các hạt rắn, có khối lượng, cứng, không gì xuyên qua được và có thể chuyển động, cứng vô cùng so với các vật thể xốp được cấu tạo từ chúng; cứng đến nỗi không thể nào bẻ gãy hay làm mòn được; không quyền năng nào có thể chia nhỏ cái mà Chúa đã tạo ra trong ngày Sáng Thế."[14]

Những câu hỏi đó ngày nay đã được trả lời dứt khoát bằng Mô hình Chuẩn. Cũng chẳng phải "âm dương ngũ hành", kim, mộc, thuỷ, thổ, hoả

---

[14] Gottfried & Weisskopf, 3; hay Sample, 54.

của Trung Hoa tạo nên trời đất. Nhiều nền văn minh đã có nhiều phát minh lớn. Văn minh Trung Hoa phát minh kĩ thuật in, thuốc súng, hỏa tiễn, la bàn, máy ghi địa chấn, và có quan sát một cách hệ thống bầu trời. Văn minh Ấn Độ phát minh con số không rất tiện cho việc tính toán. Văn minh Aztec phát minh ra lịch tốt hơn lịch Âu châu. Họ có thể tiên đoán các hành tinh sẽ đến đâu. Nhưng không có nền văn minh nào phát triển phương pháp *thực nghiệm*, *truy tìm* và *nghi vấn* một cách hệ thống và triệt để, không có tư duy *phân tích, nguyên tử luận, hình học hoặc cơ giới* mà chỉ có tư duy hữu cơ như phương Đông. Tất cả những thứ này đến từ Hi Lạp cổ đại (tuy thực nghiệm chưa có nhiều thời Hi Lạp) và được truyền cho phương Tây.

Mô hình Chuẩn hiện là "biên giới giản hóa luận" (reductionist frontier) của tri thức con người hiện nay. Với Mô hình Chuẩn con người đã tiến một bước quan trọng vào trung tâm của *das ding an sich*, vật tự nó, của Immanuel Kant. Còn gì nữa hay không, giới vật lí sẽ trả lời tiếp.

CÓ HAY KHÔNG KHỐI LƯỢNG TỰ NÓ CỦA VẬT CHẤT?

Đây là một câu hỏi có tính triết học. Vật chất *không* có khối lượng tự nó. Jim Baggott trong quyển *The Invention and Discovery of the "God Particle" HIGGS* diễn tả:

> Bản năng của chúng ta là đánh đồng khối lượng quán tính (inertia mass) với số lượng chất mà một vật thể chứa. Vật thể càng chứa nhiều "chất liệu" trong nó, thì càng khó tăng tốc nó. Cơ chế Higgs đã lật ngược logic này. *Chúng ta bây giờ diễn giải, mức độ gia tốc các hạt bị kháng cự bởi trường Higgs chính là khối lượng (quán tính) của các hạt.* Quan niệm về khối lượng đã biến mất trong một cơn gió thoảng của logic. Nó được thay thế bằng các tương tác giữa các hạt vốn không khối lượng với trường Higgs.[15]

Ở một chỗ khác, ông viết:

> Trong Mô hình Chuẩn, khái niệm khối lượng, hiểu như một tính chất nội tại, hay sự đo lường của một số lượng chất liệu (substance),

---

[15] *Baggott*, 2012, 88.

> đã biến mất. Thay vào đó, khối lượng được tạo nên từ *năng lượng* của các tương tác diễn ra giữa các trường lượng tử cơ bản và các hạt của chúng. Boson Higgs là phần của cơ chế giải thích tất cả khối lượng của tất cả các hạt trong vũ trụ được tạo ra thế nào. Tất cả vật chất trong thế giới tuy được cấu tạo bởi các quark và lepton, nhưng nó có được nhờ năng lượng thu được qua các tương tác với trường Higgs và sự trao đổi của các gluon. Không có những tương tác này, vật chất sẽ phù du và "vô thể" (unsubstantial) như chính ánh sáng vậy, và không có gì tồn tại cả trên đời.[16]

Hay:

> Khối lượng, giờ đây chúng ta hiểu, không phải là một tính chất vốn có hay một phẩm chất "nguyên sinh" của các viên gạch nền tảng tối hậu của tự nhiên. Thực tế không có khối lượng tự nó. Khối lượng được cấu tạo từ năng lượng của các tương tác liên quan đến các hạt cơ bản không khối lượng.[17]

MÔ HÌNH CHUẨN CỦA CÁC HẠT VÀ LỰC

> *Giải thích tất cả tự nhiên là một công việc quá khó cho bất cứ ai hay bất cứ một thời đại nào. Tốt hơn là người ta làm một ít với sự chắc chắn, và để phần còn lại cho những người khác đến sau.*
>
> **Isaac Newton**

Mô hình Chuẩn là gì? "Chuẩn" để nói rằng mô hình đó đã trở thành *chuẩn mực* được cộng đồng vật lí hạt công nhận, được thực nghiệm xác nhận chính xác hơn cả tuyệt vời sau hai thập niên đầy rối rắm 1960-1970. Mở trang mạng của tổ chức CERN, trong phần Mô hình Chuẩn, người ta có thể đọc ngay những dòng sau đây:

> Các lí thuyết và khám phá của hàng ngàn nhà vật lí học từ một thế kỉ qua đã mang lại nhận thức phi thường về cấu tạo cơ bản của vật

[16] *Baggott*, 2012, 221.

[17] *Baggott*, 2012, 3.

chất: tất cả mọi vật trong vũ trụ được tìm thấy có cấu tạo bởi mười hai "viên gạch cơ bản" (building block) được gọi là các hạt cơ bản (hạt vật chất), được điều hành bởi bốn lực cơ bản. Sự hiểu biết tốt nhất của chúng ta về các mối liên hệ giữa mười hai hạt này và ba trong bốn lực (của vũ trụ) được gói gọn trong Mô hình Chuẩn của các hạt và các lực. Được phát triển trong những năm 1970, nó đã thành công trong việc giải thích phần lớn các kết quả thí nghiệm và tiên đoán chính xác một số lớn đa dạng các hiện tượng vật lí. Với thời gian và qua nhiều thí nghiệm của nhiều nhà vật lí, Mô hình Chuẩn đã được chính thức chấp nhận như lí thuyết vật lí đã được thử thách.

Robert Oerter trong *The Theory of Everything* viết ở trang đầu:

> "Có một lí thuyết trong vật lí cắt nghĩa được, ở mức độ sâu thẳm nhất, hầu hết mọi hiện tượng điều khiển cuộc sống hằng ngày của chúng ta. Nó tổng kết tất cả mọi thứ chúng ta biết về cấu trúc cơ bản của vật chất và năng lượng. Nó cung cấp một bức tranh chi tiết của các viên gạch cơ bản mà từ đó mọi thứ được tạo thành. Nó mô tả các phản ứng đem lại năng lượng của mặt trời và các tương tác gây ra các ánh sáng huỳnh quang rực rỡ. Nó giải thích tính chất của ánh sáng, sóng radio, và các tia X. Nó có những hệ quả cho sự hiểu biết của chúng ta về những giây phút đầu tiên của sự tồn tại của vũ trụ chúng ta, và về vật chất đã hình thành thế nào. Nó vượt trội hẳn mọi lí thuyết đã từng có về độ chính xác, tính phổ quát, phạm vi áp dụng từ rất nhỏ đến vô cùng lớn. Lí thuyết này mang cái tên khiêm tốn "Mô hình Chuẩn của các hạt cơ bản", hay ngắn gọn "Mô hình Chuẩn".

Dưới đây chúng ta sẽ lên danh sách các hạt cơ bản như những *diễn viên* trên sân khấu vi mô, đại biểu của hằng hà sa số các diễn viên khác trong một *drama* của tạo hóa, và nêu lên các lực (forces), hay tương tác (interactions) quy định các chức năng, mối quan hệ và ứng xử giữa các vai diễn. Người ta không thể không hỏi: Ai là biên đạo của vở kịch vũ trụ này? Mỗi diễn viên có "cá tính" và "nhân cách" nhất định. Chúng ta cũng sẽ nói đến các màn xuất hiện của các vai trong quá trình lịch sử. Sự xuất hiện của các vai diễn

thường đi kèm theo kịch tính của nó. Vật lí hạt như là một *drama* lớn của Hi Lạp, với từng màn đầy kịch tính.

Mô hình Chuẩn gồm có ba loại hạt cơ bản:

(i) Sáu quark và sáu lepton, là những hạt vật chất (fermion);

(ii) Bốn đại biểu của các hạt boson lực, truyền các lực, gồm có photon của ánh sáng (lực điện-từ), gluon (tám hạt) của lực mạnh, và ba boson W^+, W^-, và Z^0 của lực yếu;

(iii) Và hạt boson Higgs, với những tính chất đặc thù của nó.[18]

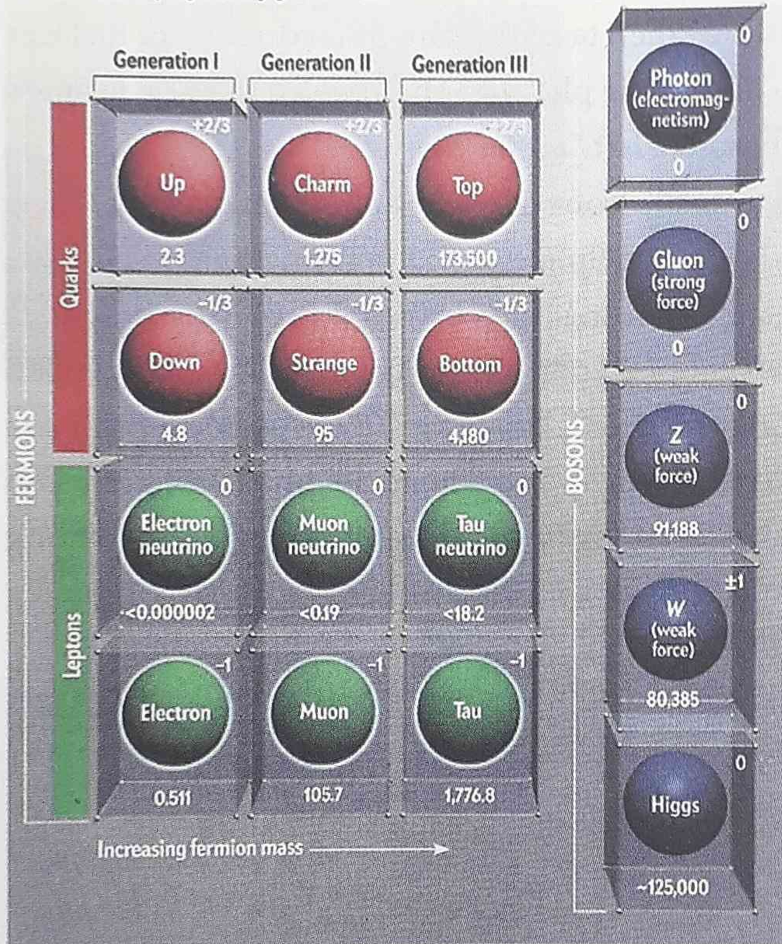
Sáu quark được gọi là sáu "hương vị" của quark, như hương vị kem cho dễ nhớ: up (u), down (d), charm (c), strange (s), top (t), bottom (b); và đặc biệt hơn, mỗi quark hương vị lại được "nhuộm" thêm ba màu (sắc), đỏ (r, *red*), lam (g, *green*), và xanh (b, *blue*), cũng như kem có nhiều màu vậy. Màu ở đây chỉ là quy ước để đảm bảo ba quark trong proton hay neutron không vi phạm nguyên lí loại trừ của Pauli, nói một cách nôm na hai hạt fermion, không thể có cùng trạng thái lượng tử cùng một lúc, một nơi (xem tiếp *bức tranh thực tế* dưới đây).

Các hạt electron (điện tử) có kí hiệu *e*, hạt muon μ, hạt tau τ, photon γ (kí tự Hi Lạp), proton p, neutron n. Quark có thể được kí hiệu bằng q hoặc u, d nếu là quark u, quark d v.v.

Theo Mô hình Chuẩn, các proton, và neutron được cấu tạo bằng "*bộ ba quark*". Neutron là hạt có thể gây ra phản ứng phân hạch dây chuyền để tạo năng lượng nguyên tử. Mô hình quark này là một bước đột phá để hiểu "đáy sâu" của tạo hóa, đưa cái phức tạp của tự nhiên về cái đơn giản. Các fermion quark và lepton có spin 1/2; các boson là hạt truyền lực, có spin 1 (Xem thêm dưới đây).

---

[18] Thực ra có đến 61 hạt: 18 quark (kể cả màu), 3 hạt giống electron, 3 neutrino (lepton), cộng lại là 24; cộng thêm với các phản hạt của chúng là 48. Cộng tiếp với: 8 gluon, 1 photon, và 3 boson của lực yếu, tổng là 60; cuối cùng, cộng với hạt Higgs, tất cả là 61 (Gell-Mann, 196-97).



(Courtesy of ScientificAmerican)

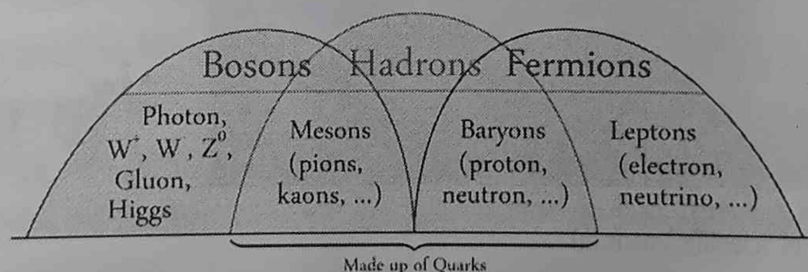
Minh họa một proton gồm hai quark u và một quark d. Chúng có màu, hay sắc tích. Gluon tác động giữa các quark để giữ chúng lại. Các quark phóng thích và hấp thu liên tục các gluon (Wikipedia). Sự cấu tạo của các proton, neutron, pion π^+, π^- và kaon K^+ bằng các quark. Các $\bar{d}$, $\bar{u}$, $\bar{s}$ là những phản hạt. Các meson cũng được cấu tạo tương tự như pion, gồm một quark và mộtphản-quark. Các con số là điện tích của các quark (Giancoli, 904).

Tên *fermion* được Paul Dirac đặt năm 1946, lấy từ tên nhà vật lí học gốc Ý Enrico Fermi, còn *boson* từ tên của nhà vật lí học Ấn Độ Satyendra Nath

Bose. Fermion tuân thủ thống kê Fermi, hay nguyên lí loại trừ Pauli, rằng hai hạt fermion không được nằm tại một chỗ (trạng thái lượng tử) vào một lúc; còn boson tuân thủ thống kê Bose, rằng nhiều boson bất kì được có cùng một trạng thái lượng tử. Với tính chất trên, các fermion được phân bố đều và mỏng ra và làm cho vật chất ổn định, chúng ta không cảm nhận được. Ngược lại, các boson có thể tập trung cùng một chỗ không giới hạn, làm tăng cường độ của chúng khiến ta có thể cảm nhận được, như tia laser, nơi tập trung liên kết cao độ của các photon ánh sáng. Có thể nói, fermion là hạt "*cá nhân tính*", còn boson là hạt "*tập thể tính*".

Fermion là các hạt vật chất, trong khi các hạt boson có chức năng truyền lực. Bản chất rất khác nhau. Spin của chúng khác nhau. Tuy nhiên, một điều rất ngạc nhiên sau này, trong thuyết *siêu đối xứng* được dự báo là một loại thuyết tối hậu, có một phép đối xứng giữa hai nhóm này: sự hoán đổi vị trí của các loại hạt này sẽ không làm thay đổi các phương trình của thuyết tối hậu. Tức vai trò của chúng là có thể hoán đổi nhau. Điều này làm người ta nhớ đến một tính chất tương tự của thuyết tương đối hẹp: không gian và thời gian không còn ranh giới, có thể biến đổi lẫn nhau![19]

Sự phân loại hạt và tên gọi:



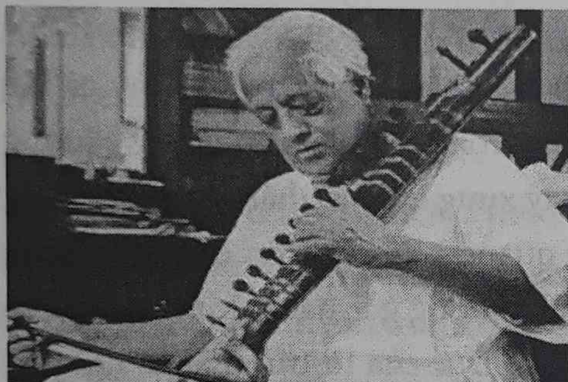
Các họ boson, hadron, meson, baryon, fermion và lepton (Nguồn: Wikipedia).

Lepton có nghĩa là "hạt nhẹ", *meson* "hạt trung" và *baryon* "hạt nặng", có nguồn gốc từ tiếng Hi Lạp. Meson là hạt được làm thành bởi hai quark, trong khi baryon bởi ba quark. *Hadron*, cũng theo tiếng Hi Lạp, có nghĩa

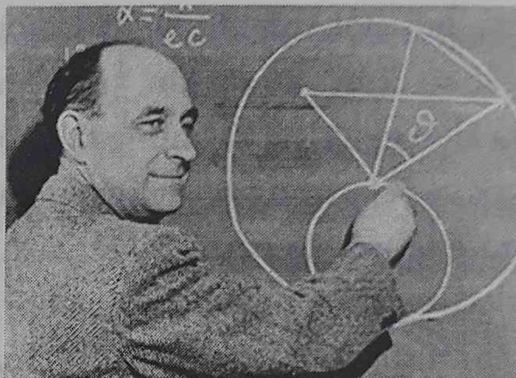
---

[19] Kane 2013, 61.

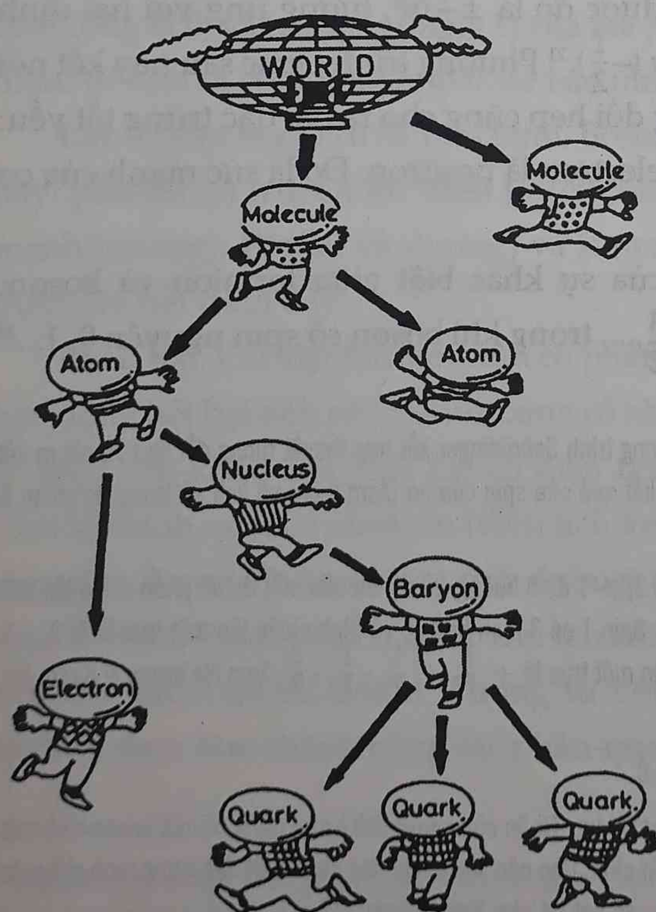
là "dày", bao gồm các meson và các baryon như proton, neutron; hadron là những hạt phản ứng với lực mạnh, có tuổi thọ ngắn. Từ đó có cái tên máy gia tốc Large Hadron Collider LHC ở CERN. Proton và neutron còn được gọi bằng một tên chung là *nuclon* (nucleon). Chúng tồn tại trong nhân (nucleus) của nguyên tử.



Satyendra Nath Bose (1894-1974)



Enrico Fermi (1901-1954)



Minh hoạ các lớp cấu trúc của thế giới vật chất từ lớn tới nhỏ (Nguồn: Nambu, 15).

Spin. Đây là một trong những khái niệm kì bí nhất của cơ học lượng tử. Khái niệm spin được hai nhà vật lí học trẻ Hà Lan S. Goudsmit và G. Uhlenbeck của Đại học Leiden đưa ra năm 1925 để cắt nghĩa hiện tượng tách vạch quang phổ của nguyên tử thành hai vạch song song rất gần nhau (cặp đôi). Hai ông cho rằng electron của nguyên tử hydro, ngoài chuyển động xung quanh nhân (orbital), còn có một chuyển động xung quanh trục của nó, một xung lượng góc, gọi là spin, như một con quay, "với vận tốc góc cố định", có độ lớn $\frac{1}{2}h/2\pi$, hay $\frac{1}{2}\hbar$ (h là hằng số Planck), ngay cả khi ra khỏi nguyên tử (Chúng ta nhớ lại rằng trong mô hình Bohr, xung lượng góc của electron trong chuyển động quay xung quanh nhân là $nh/2\pi$, trong đó n là một số nguyên). Sự tách vạch quang phổ nói trên chứng tỏ rằng electron không quay vòng với bất cứ xung lượng góc nào, nhưng nó chỉ có hai trị số, với xác suất như nhau, dọc theo trục của từ trường của nguyên tử do chuyển động của electron quanh nhân gây ra (nếu là electron tự do, thì theo trục của bất cứ từ trường nào áp vào đó). Hai thành phần của spin theo hướng này của từ trường được đo là $\pm\frac{1}{2}\hbar$[20], tương ứng với hai định hướng của nó: *up* ($+\frac{1}{2}$) hay *down* ($-\frac{1}{2}$).[21] Phương trình Dirac sau này kết nối thuyết lượng tử và thuyết tương đối hẹp cũng cho ra hai đặc trưng tất yếu: spin, và sự tồn tại của phản hạt electron là positron. Đó là sức mạnh của cơ học lượng tử tương đối tính.[22]

Spin tạo ra lằn ranh giới của sự khác biệt giữa fermion và boson: fermion có spin bán nguyên $\frac{1}{2}, \frac{3}{2}$,..., trong khi boson có spin nguyên 0, 1...[23]

---

[20] *Dodd*, 22. Năm 1928 Paul Dirac thiết lập phương trình Schrödinger kết hợp thuyết tương đối hẹp và rút ra kết luận rằng tất cả những tính chất của electron là kết quả của spin của nó (Xem thêm về lịch sử trong Ne'eman & Kirsh, 53-58 và Pais, 274-280).

[21] Tổng quát, nếu spin của một hạt là j, thì spin có $2j + 1$ định hướng, và độ lớn của một thành phần chiếu lên một trục có thể chiếm những trị số $j, j - 1, j - 2, ..., -j$. Spin 1 có 3 định hướng, và hình chiếu lên một trục là 1, 0, - 1. Spin $\frac{3}{2}$ có 4 định hướng, và thành phần chiếu trên một trục là $+\frac{3}{2}, +\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}, -\frac{3}{2}$. Xem *Ne'eman & Kirsh*, 55, hay *Nambu*, 45.

[22] *Nambu*, 42-44, và xem thêm *Baggott* 2012, 5-8.

[23] Nhưng không phải hạt nào có spin 1 cũng là hạt tải lực. Nhân của nguyên tử hydro nặng có một neutron và một proton có spin 1, là một boson, nhưng nó là hạt vật chất. Cho nên số spin không nhất thiết đặc trưng ranh giới giữa hạt vật chất và hạt tải lực. Điều này chỉ đúng cho các hạt cơ bản. Xem *Nambu*, 47.

Sau electron, người ta tìm thấy các hạt cơ bản đều có spin, với những trị số rời rạc cho phép là 0, $\frac{1}{2}$, 1, $\frac{3}{2}$,... Spin của proton hay neutron là $\frac{1}{2}$.[24]

Một tính chất đặc biệt của thuyết lượng tử là trong các hiện tượng phân rã hay va chạm hạt, các spin nguyên sẽ kết hợp để cho ra các spin nguyên, trong khi các spin bán nguyên sẽ cho một spin tổng là bán nguyên, hay nguyên, tùy theo số spin kết hợp đó chẵn hay lẻ. Và sự bảo toàn spin phải được tuân thủ, spin là một *số lượng tử*. Một pion trung hòa bị phân rã thành hai photon (ánh sáng):

$$\pi^0 \rightarrow 2\gamma$$

Pion trung hòa có spin 0. Photon có spin 1. Do đó hai photon ở vế phải tất yếu có hai spin ngược chiều nhau để triệt tiêu và cho ra spin 0. Hay xem sự tiêu hủy của một electron với positron:

$$e^- + e^+ \rightarrow 2\gamma$$

Một số chẵn fermion tay trái do đó sẽ cho một spin chẵn tay phải. Chúng ta có thể hình dung hai electron có spin ngược chiều nhau, nên có spin tổng là 0, và hai spin (bằng 1) của hai photon do đó phải có chiều khác nhau để cho ra spin tổng hợp 0, để bảo tồn spin.

Lực. Ở cấp vi mô có ba lực chính. Boson là những hạt truyền tải các lực này: photon (γ) truyền lực điện từ (electromagnetic), gluon (g) truyền lực mạnh (strong), W (âm và dương) và Z (trung hòa) truyền lực yếu (weak) (Xem chi tiết dưới đây).

Phản hạt. Các hạt fermion còn có phản hạt của chúng. Phản hạt là một hạt giống hệt hạt anh em của nó, cùng có khối lượng, spin như nhau, nhưng có điện tích khác dấu. Các hạt có điện tích có phản hạt không nhất thiết phải là chính nó. Hạt electron (điện tích âm) có phản hạt là positron, mang điện tích *dương*. Proton (điện tích dương) có phản hạt là phản-proton, với điện tích *âm*. Phản-proton được cấu tạo bởi ba phản-quark: hai phản-quark up, một phản-quark down. Tương tự với phản neutron (điện tích bằng không) được làm thành bằng các phản-quark của neutron. Photon của ánh

[24] Các spin có thể cộng nhau hoặc trừ nhau. Một hạt ghép chứa 3 quark với spin $\frac{1}{2}$ thì có spin hoặc $\frac{1}{2}$ hoặc $\frac{3}{2}$. Hạt ghép chứa 2 quark thì có spin 0 hoặc 1. Xem *Martin*, 29. Người ta có thể tính spin bằng thực nghiệm.

sáng có phản hạt là chính nó. Hạt và phản hạt khi gặp nhau sẽ hủy nhau, sinh ra ánh sáng (photon).

Cơ chế Higgs: Đó là cơ chế tạo khối lượng cho các hạt cơ bản (Xin xem chi tiết dưới đây). Tuy nhiên, xin mượn thêm một hình ảnh khác quen thuộc trong cuộc sống: Thế giới cám dỗ của đời thường có thể được ví là một loại "trường Higgs" (Brian Greene gọi là "bể Higgs"). Ai càng "tham sân si" càng lún sâu vào "bể khổ", như hai nhân vật Trư Bát Giới và Sa Tăng trong *Tây du kí*. Còn ai tu hành diệt dục thì ít vướng bận hơn, đi qua cõi ta bà nhẹ nhàng hơn, tiêu biểu là thầy Huyền Trang. Hạt photon không tương tác với trường Higgs, nên giữ cho nó không có khối lượng, có thể bay nhanh 300.000km/giây. Ngược lại các hạt *W*, *Z* của lực yếu, vì tương tác mạnh với trường Higgs, giống như hai nhân vật trong *Tây du kí* trên, trở nên "béo phì". Mỗi hạt cơ bản tương tác nhiều hay ít để có nhiều hay ít khối lượng. Hạt quark top có khối lượng khổng lồ, nhiều hơn electron tương tác với biển Higgs 350.000 lần. Đây là hạt "đại vô minh". Những quark càng nặng, "càng béo phì", thì độ bền càng nhỏ, tức tuổi thọ càng ngắn đi trước khi phân rã; và ngược lại. Logic!

THƯỢNG ĐẾ SAO CHÉP?

Các hạt neutrino là hạt sinh ra trong phân rã beta. Các cặp đôi của muon/neutrino và tau/neutrino có thể được xem là "bản sao" của cặp electron/neutrino. Bởi lẽ nếu thay khối lượng của electron bằng khối lượng của muon hay tau vào các công thức tính tiên đoán các tính chất của electron, thì người ta tìm thấy đúng những tiên đoán các tính chất của muon hay tau một cách chính xác. Cho nên tự nhiên dường như đã sao chép các electron, muon và tau lẫn nhau. Tác giả Zee trong *Fearful Symmetry* đã diễn tả một cách hình tượng và dễ nhớ trật tự cơ bản chi phối các hạt bằng cách mượn câu chuyện cổ tích cô gái Goldilocks và ba chú gấu:

> Goldilocks đi lang thang vào căn nhà vườn của các chú gấu và thấy tất cả đồ vật đều được làm thành *ba cái*. Trên bàn có ba cái chén, hoàn toàn giống nhau, trừ kích cỡ. Các nhà vật lí vốn hoang

> mang. Nhưng cuối cùng họ tìm ra vũ trụ được cấu tạo thế này: Vật chất được cấu thành bởi electron, electron-neutrino, quark up, và quark down; và bởi một chùm boson chuẩn và graviton (loại hạt được giả thiết gây ra lực hấp dẫn một cách tương tự như các hạt tải lực) tác dụng lên các quark và lepton này, biến đổi chúng qua lại với nhau; từ cơ cấu này chúng ta có cả một sự huy hoàng của vũ trụ! Một thiết kế tuyệt hảo, có phải không? Nhưng khi các nhà vật lí vừa mới ngây ngất trong sự ngưỡng mộ thì nhà thiết kế vũ trụ (Ultimate Designer) ném ra một bộ hạt mới dường như không đóng vai trò gì quan trọng trong sự vận hành tốt đẹp của vũ trụ cả. Electron được lập lại trong muon, electron neutrino trong muon neutrino, quark up trong quark duyên, quark down trong quark lạ (Để phân biệt hai bộ hạt này, các nhà vật lí gọi chúng là họ electron và họ muon.).
>
> Sự huyền bí càng lớn hơn. Bắt đầu giữa những năm 1970, các nhà thực nghiệm khám phá thêm nhiều hạt cơ bản nữa, và rõ ràng còn một họ thứ ba, gồm có những hạt được gọi là "tau", hạt tau neutrino, quark top, và quark bottom. Tau là một bản sao nặng hơn của electron, nhưng có cách hành xử giống hệt như electron hay muon. Tương tự, các thành viên khác trong họ tau là bản sao tương ứng của các hạt đồng nghiệp trong các họ electron và muon. Tự nhiên không những gây rối rắm cho nhà vật lí mà còn thách thức năng lực của chúng ta trước tác ra những cái tên duyên dáng! Top và bottom nghe rất gần gũi với up và down...[25]

Những nhận xét trên giúp chúng ta có cái nhìn tổng thể hơn. Các nhà vật lí không hiểu lí do tồn tại của các họ *muon* và *tau* trong thiết kế vũ trụ, bởi trong thực tế các họ này phân rã thành các thành viên của họ electron, chúng thường cũng không tồn tại trong vũ trụ. Vũ trụ có thể vận hành hoàn chỉnh nếu hai họ muon và tau không xuất hiện. Câu nói đầy ngạc nhiên nổi tiếng của Isidor Rabi "Ai gọi hạt muon này?" có thể đổi thành "Tại sao Ngài lập

---

[25] *Zee*, 258.

lại?" Ngài có thể hại chính bảng kiến trúc đơn giản và tao nhã của Ngài bằng những sự thêm thắt. Ngài có "vẽ rồng vẽ rắn" không? Các nhà vật lí không tin thế. Chắc chắn Ngài có một vẻ đẹp nào cao hơn mà họ chưa hiểu được.[26]

***

Bức tranh thực tế đơn giản hơn: vật chất, từ các loài hoa đến các vì tinh tú, thật ra được tạo ra chỉ bởi ba hạt vật chất chính: *quark up, quark down* và *electron* (của thế hệ thứ nhất), được chi phối bởi các gluon và photon, như vậy các hạt vật chất này mới bền, các hạt khác thì không. Đối với các khối lượng vật chất lớn như hành tinh, tinh tú trong vũ trụ, lực hấp dẫn can thiệp để kết chúng lại thành khối, là tất cả các hạt cơ bản mang ba loại tích (charge): tích điện (điện tích), tích yếu, tích mạnh (sắc tích). Hai tích yếu và mạnh không có tác dụng bên ngoài nguyên tử nên chúng ta không cảm nhận được. Các quark chỉ có tích mạnh, tương tác qua các gluon, trong khi các electron ở vòng ngoài không tương tác với gluon. Electron và quark đều có điện tích và khối lượng.

Làm sao để các hạt trên trở thành những hạt giống của vũ trụ? Các quark được các gluon kết thành proton và neutron, hay nuclon của nhân, trong khi các electron chạy vòng ngoài. Ranh giới giữa proton và neutron không tách biệt rõ ràng, bởi lực của gluon còn lọt ra ngoài một ít, các gluon chạy ra ngoài thì bị quark kéo vào, chúng cung cấp lực hút đối với các proton và neutron khác, đó chính là lực nguyên tử mạnh gói proton và neutron lại trong nhân. Lực này đủ mạnh để giữ được nhiều nuclon lại trong nhân một lúc, từ 1 đến 92 proton và với số lượng thay đổi khác nhau của neutron. Với số lượng proton tăng, lực điện từ đẩy giữa chúng cũng tăng, và nguyên tử trở nên không ổn định. Có lẽ đó là lí do tại sao chỉ có 92 proton trong nhân dù nguyên tử là trung hòa, điện âm của số electron và điện dương của số proton trung hòa nhau. Tuy nhiên, vẫn còn một phần lực điện từ lọt ra ngoài nguyên tử, tương tự như lực mạnh nằm

---

[26] *Zee*, 259.

ngoài proton và neutron, để buộc các nguyên tử vào phân tử. Nguyên tử và phân tử là những viên gạch xây dựng nên các tế bào, tảng đá và tất cả vũ trụ chúng ta.[27]

LỰC

Có bốn lực chi phối thế giới vật chất trong vũ trụ: lực hấp dẫn, lực điện từ, lực mạnh và lực yếu. Chúng tác dụng trên những phạm vi, đối tượng và cường độ khác nhau. *Lực hấp dẫn* do Newton phát hiện thế kỉ 17 có phạm vi tác động không giới hạn, giữa các vật thể kích cỡ lớn, làm chúng ta cảm nhận được ở sức nặng, sự rơi, làm cho các hành tinh quay xung quanh mặt trời, hay giữ các thiên hà. *Lực điện từ*, được phát hiện từ khoảng cuối thế kỉ 19 bởi Maxwell, *lực mạnh* có nhiệm vụ giữ các proton và neutron của nhân, được biết đến đầu thế kỉ 20; *lực yếu* trách nhiệm cho hiện tượng phân rã nguyên tử của các hạt. Ta có thể cảm nhận lực hấp dẫn và lực điện từ dễ dàng, song không thể cảm nhận các lực mạnh, yếu tác động ở phạm vi nhỏ hơn nguyên tử, nhưng các lực này lại có phần quyết định sự tồn tại của chúng ta. Ở cấp vi mô, lực hấp dẫn Newton có tác dụng không đáng kể so với ba lực còn lại, do đó không được dùng trong các tính toán; lực này chỉ gần bằng $1/10^{40}$ lực điện từ! Nếu lấy cường độ của lực mạnh làm đơn vị là 10, thì cường độ của lực điện từ là 10^{-2}, lực yếu là 10^{-6}-10^{-13}, và lực hấp dẫn là 10^{-42}:

Force	Strength	Theory	Mediator
Strong	10	Chromodynamics	Gluon
Electromagnetic	10^{-2}	Electrodynamics	Photon
Weak	10^{-13}	Flavordynamics	*W* and *Z*
Gravitational	10^{-42}	Geometrodynamics	Graviton

Cường độ lực yếu được trích dẫn khác nhau tùy theo khoảng cách (Griffiths 2011, 59).

[27] Xem *Kane* 2013, 24-25.

Tính chất các hạt tải lực:

Tính chất / Hạt Lực	Điện từ	Mạnh	Yếu	
	Photon (γ)	**Gluon** (g)	W^+, W^-	Z^0
Tích của hạt lực:	Không có	Sắc tích	điện-yếu	Yếu
Tác dụng lên:	quark & lepton có điện tích	chỉ quark và gluon	tất cả quark và lepton	tất cả quark và lepton
Tầm hoạt động:	vô hạn (giảm theo $1/d^2$)	$<10^{-14}$[m] (bên trong hadron)	$< 2x10^{-18}$ [m]	$< 2x10^{-18}$ [m]
Chịu trách nhiệm cho:	hóa học, tính dẻo và từ	giữ các hadron và nhân nguyên tử	phóng xạ	phóng xạ

Tất cả các quark, lepton, và cả W^+, W^-, và Z^0 mang tích yếu.

Bốn lực đều ảnh hưởng đến sự tồn tại của vũ trụ và con người. Không có lực hấp dẫn, sao và hành tinh sẽ không hình thành. Không có lực điện từ, ánh sáng và nguyên tử không thể tồn tại. Không có lực mạnh, các nhân nguyên tử sẽ không có. Không có lực yếu, các quá trình cơ bản để mặt trời hoạt động sẽ vắng bóng, các nguyên tố nặng cần thiết cho sự sống sẽ không thể được sinh ra trong các supernova. Nói tóm lại, thiếu một trong các lực, sẽ không có sự sống.

Cách tương tác của các lực: Trong thuyết trường lượng tử, các hạt tương tác với nhau theo các lực trên bằng cách trao đổi các hạt boson tải lực tương ứng, tương tác điện từ bằng trao đổi các hạt photon, tương tác mạnh bằng các gluon, tương tác yếu bằng các *W* và *Z*. Một cách tương tự, người ta nghĩ rằng lực hấp dẫn cũng được thực hiện như thế bằng một hạt gọi là graviton, nhưng graviton chưa tìm thấy. Quan niệm tương tác bằng trao đổi các hạt tải lực đã được Hideki Yukawa đề xuất những năm 1930.

LỰC ĐIỆN TỪ

Lực điện từ tác dụng lên các hạt mang điện tích (các lepton e, μ, τ, các quark, và boson W). Các hạt photon, neutrino và gluon ngược lại không chịu tác dụng của lực điện từ bởi chúng không có điện tích. Các nguyên tử được cấu tạo bằng electron, các proton và neutron. Các photon là chất keo buộc các electron với nhân. Lực điện từ được thể hiện bằng sự trao đổi thường xuyên các photon giữa nhân và các electron của nó. Nguyên tử trung hòa, vì số điện tích của electron và của proton trung hòa nhau, có bao nhiêu proton là có bấy nhiêu electron. Tuy nhiên, vẫn có một lực điện từ thoát ra vùng cận nguyên tử có thể cảm nhận được, và lực đó xác định tất cả các tính chất của vật chất xung quanh chúng ta như cây cỏ, đồ dùng, sông núi v.v. Các hiện tượng được nghiên cứu trong các môn vật lí nguyên tử, phân tử, chất rắn, khoa học vật liệu, hóa học, và nhiều thứ khác đều do lực điện từ gây ra.[28]

Nguyên tử thật ra phần lớn là *không gian rỗng*, 99,9999999999999% rỗng[29], và bản thân vật chất, thân thể chúng ta, phần lớn cũng rỗng như thế! Nhân chứa hầu hết khối lượng của nguyên tử, bằng 99,95% khối lượng của cả nguyên tử, giống như Mặt Trời chứa một khối lượng đến 99,9% khối lượng của toàn Hệ Mặt Trời, trong khi nhân chỉ chiếm một phần triệu triệu thể tích của nguyên tử. Một proton hay neutron có khối lượng bằng 2.000 lần khối lượng của một electron. Nguyên lí Pauli ngăn các electron tụ lại, mà phải phân phối rộng ra. Các lực điện từ của các hạt có điện tích trong nguyên tử chiếm hết "không gian rỗng" và làm cho vật chất "cứng" lại, khiến chúng ta tuy rỗng nhưng không thể đi xuyên qua bức tường vì cả hai đều cứng.[30] Trái táo rơi xuống là do lực Newton, nhưng nó va chạm mặt đất và dừng lại đó, hay bị nẩy lên, là do lực điện từ.

---

[28] *Kane* 1996, 61-62.

[29] *Close* 2000, 124.

[30] *Martin*, 11.

LỰC YẾU

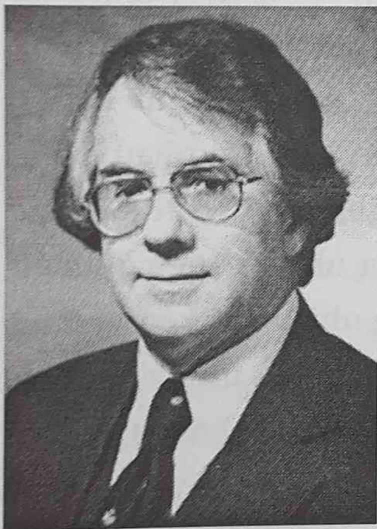
Lực yếu, tuy yếu về cường độ hơn so với hai lực điện từ và lực mạnh, có tác dụng rất ngắn so với các lực khác, không có những tác dụng dễ thấy trong đời thường, nhưng lại có vai trò vô cùng quan trọng đối với đời sống trên hành tinh, với sự tổng hợp nguyên tử trên mặt trời làm cho mặt trời chiếu sáng, và tạo ra sự phân hạch trong các lò phản ứng hạt nhân. Nó có thể làm các hạt thay đổi bản chất: làm các nhân nguyên tử không bền, hạt này biến thành hạt khác, các quark và lepton nặng biến thành các quark và lepton nhẹ hơn. Hạt tải lực của lực này là W^+ và W^-, mãi đến đầu những năm 1980 mới được phát hiện. Chúng giống photon, có spin 1 (boson), nhưng có điện tích và rất nặng, điều làm cho tầm tác động của lực yếu ngắn. Hạt tải lực thứ ba của lực yếu là Z^0, trung hòa, không có tác dụng phân rã như các W, nhưng có loại tác dụng khác là *dòng trung hòa* (neutral current). Nó cho phép các neutrino va chạm với các hạt khác mà không thay đổi bản sắc. Một trong những tính chất quan trọng của lực yếu là nó gây ra hiện tượng phân rã beta và hiện tượng phá vỡ đối xứng gương (P).

Sau năm 1970 người ta hiểu rõ: lực yếu và điện từ được *thống nhất* với nhau thành lực điện-yếu. Đó là một khám phá rất quan trọng, một trăm năm sau sự thống nhất lực điện-từ của Maxwell. Uỷ ban Nobel Vật lí, trong một thông cáo báo chí năm 1979 dành cho Shedon L. Glashow, Abdus Salam và Steven Weinberg, những người đã có công thống nhất lực yếu và lực điện từ thành *lực điện-yếu,* đã mô tả tầm quan trọng của khám phá này như sau:

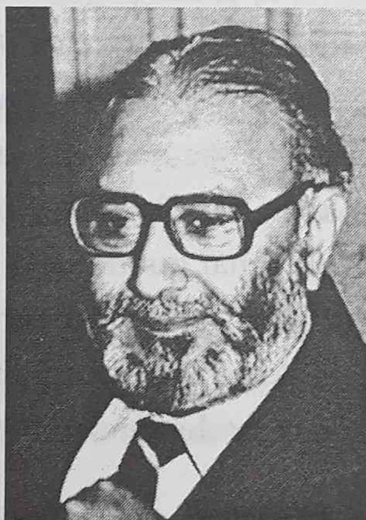
> Mặc dù *tương tác yếu* là rất yếu so với các tương tác mạnh và điện từ, nó có tầm quan trọng lớn về nhiều phương diện. Cường độ của nó cũng quan trọng không ít. Năng lượng của mặt trời, tác nhân tối quan trọng cho sự sống trên trái đất, được sinh ra khi hydro được tổng hợp hay cháy thành helium trong một chuỗi phản ứng nguyên tử diễn ra trong lòng mặt trời. Phản ứng đầu tiên trong chuỗi này, sự biến đổi hydro thành hydro nặng (deuterium), được gây ra bởi lực yếu. Không có lực này, sự sản sinh năng lượng mặt trời sẽ không thể xảy ra. Lại nữa, nếu lực yếu mạnh hơn nhiều thì

tuổi thọ của mặt trời sẽ quá ngắn ngủi để sự sống có thể tiến hoá trên mọi hành tinh. Tương tác yếu có ứng dụng thực tiễn ở dạng tia phóng xạ được dùng trong y học và công nghệ, nói chung ở dạng phóng xạ beta, và trong sự phân rã beta của đồng vị cácbon thành nitơ, chất nền tảng cho phương pháp cácbon-14 để xác định tuổi của các di cảo hữu cơ khảo cổ học.[31]

Newton, ba thế kỉ rưỡi trước, đâu biết các hiện tượng nguyên tử diễn ra trên mặt trời tạo ra nguồn năng lượng thế nào, nên vào những ngày cuối đời, ngồi trước lò sưởi củi cháy bập bùng, ông tư biện rằng nguồn lửa trên mặt trời là do các sao chổi đều đặn châm thêm vào theo chu kì của chúng như những khúc củi để mặt trời tiếp tục sáng! Một ý tưởng ngộ nghĩnh như truyện thần thoại.[32]



Sheldon Lee Glashow



Abdus Salam



Steven Weinberg

Giải Nobel 1979 cho công trình thống nhất lực điện-yếu.
(Courtesy of Nobel Committee).

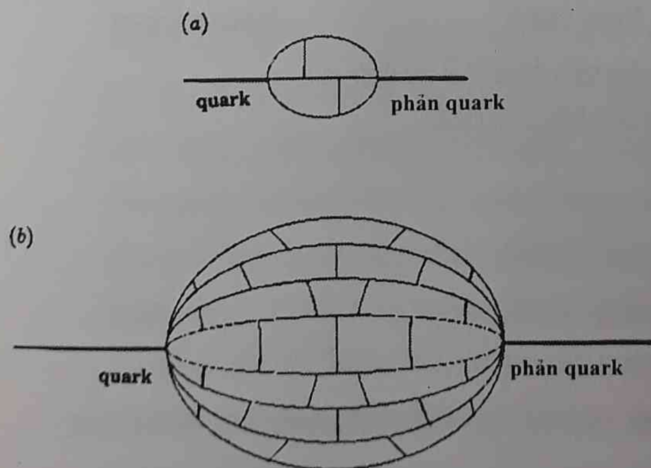
---

[31] *Smetham*, 2013, 49, hay http: //www. nobelprize. org/nobel_prizes/physics/laureates/1979/press. html.

[32] *Gleick*, 2003, 190.

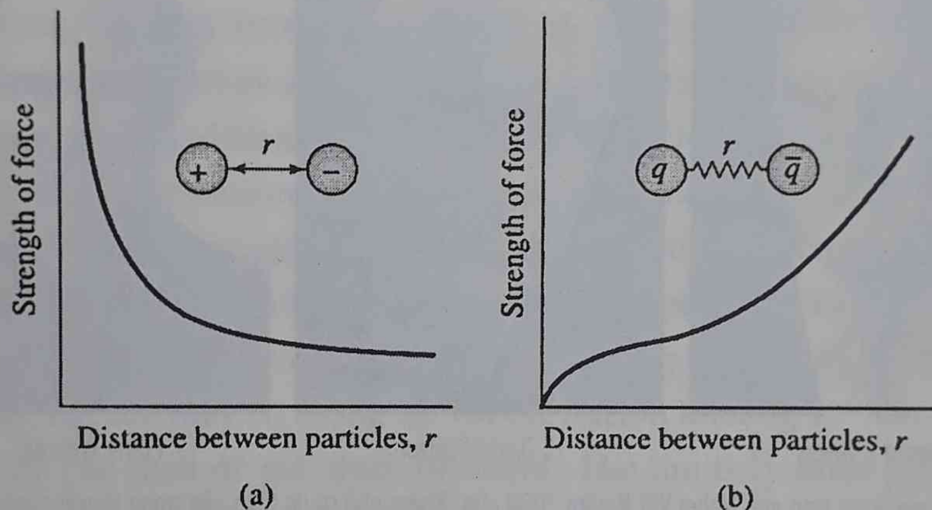
LỰC MẠNH

Lực này, còn gọi là "sắc lực" (hay lực màu), lực của các màu sắc *đỏ, lam, xanh* của các quark và của tám gluon tải lực mạnh trong QCD, được đặt tên bởi Gell-Mann và Fritzsch đầu những năm 1970. Gluon có nghĩa là keo, *glue*, một từ ngữ của Gell-Mann. Gluon không những truyền sắc lực cho các quark mà bản thân chúng cũng tham gia vào tương tác với nhau. Chúng tuôn ra giữa các quark và trao đổi với nhau, giữ các quark lại với nhau. Về cơ bản thuyết QCD giống như thuyết QED. Nhưng đi vào chi tiết, sắc lực phức tạp nhất trong tất cả các lực. Nó có thể đẩy hay hút các màu khác nhau hay giống nhau, như lực điện. QED có một hạt tải lực là photon, trong khi QCD có đến tám gluon. Các gluon này không có khối lượng như photon, nhưng có "sắc tích", có màu, nên gắn liền cuộc đời chúng trong các *trại giam (nô lệ) hồng ngoại* cùng với các quark quản lí chúng. Nhưng rất khác với các hạt tải lực điện từ photon vốn là những hạt không có điện tích nên chúng có thể đi ngang qua nhau mà không có tương tác, các gluon vì mang sắc tích nên tương tác với nhau, bằng cách phát ra những gluon khác; rồi đến lượt các gluon này lại tương tác với các gluon có trước, v.v. Khi hai quark càng xa nhau, càng có nhiều gluon xuất hiện tham gia tương tác, tương tác càng nhiều, lực kéo lại càng mạnh để không cho quark ra khỏi vỏ hadron. Đó là hiệu ứng *giam, nhốt* (confinement). Không có quark tự do nào xuất hiện riêng lẻ trong các thí nghiệm cả.



Minh họa hiện tượng giam nhốt trong một meson. (a) Ban đầu hai quark và phản-quark (khác loại) gần nhau, được nối kết bởi một ít tuyến lực mạnh. (b) Nhưng khi hai quark xa nhau, mạng lưới tương tác của các gluon tăng lên như một mạng dây thừng chằng chịt nhằm giữ chúng lại. Quark càng cố gắng xa nhau, lực kìm giữ chúng càng mạnh (Nguồn: Fraser 1997, 106).

Ngược lại, khi hai quark gần nhau, tương tác sẽ rất yếu, số gluon hoạt động ít đi, các quark được *tự do một cách tiệm cận* (asymptotic freedom). Lực mạnh hoạt động giống như một băng cao su nối hai quark ở hai đầu. Lực kéo lại của băng cao su sẽ tăng lên theo khoảng cách, khi băng cao su được căng ra. Ngược lại, nếu độ căng giảm, hai quark thấy sức kéo cũng giảm, và cuối cùng như được tự do. Lực mạnh "ngược đời" so với các lực khác, so với lực hấp dẫn hay lực điện từ, các lực này giảm đi khi khoảng cách tăng (tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách).

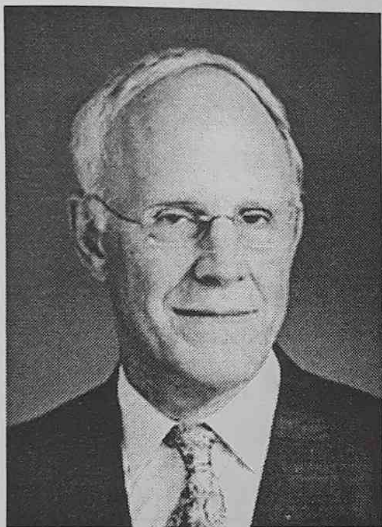


Minh họa sự khác nhau giữa lực điện từ và lực mạnh. (a) Lực điện từ hút giữa hai hạt có điện tích tăng khi các hạt đến gần, và giảm đi khi các hạt xa nhau. (b) Nhưng lực mạnh giữa các quark lại tiến về không khi chúng đến gần, và tăng mạnh lên khi các quark xa nhau (Nguồn: Baggott 2012, 136).

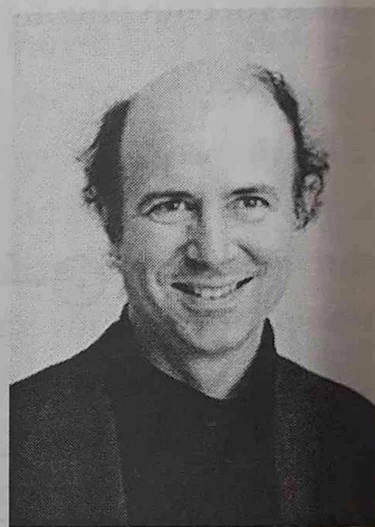
Câu hỏi đầu tiên được đặt ra là: Lực nào buộc các proton và neutron lại để làm thành nhân nguyên tử? Đó chính là sắc lực thoát ra ngoài các neutron và proton, giống như lực điện từ thoát ra ngoài các nguyên tử, mặc dù nguyên tử là trung hòa, như đã nhắc đến ở trên. Nó vẫn đủ mạnh để chiến thắng lực đẩy điện từ giữa các proton (có cùng điện tích dương), giữ các proton, và các neutron lại.[33] Người ta đã tin rằng phần lực mạnh nằm

[33] *Kane*, 1996, 62.

bên ngoài đó thể hiện qua cách trao đổi các meson (gồm một quark và một phản-quark) chạy qua lại giữa các proton và neutron, một cơ chế được nhà vật lí đoạt giải Nobel người Nhật Bản Hideki Yukawa (1901-1981) đề xuất những năm 1930.[34] Ngày nay lực mạnh ban đầu của Yukawa được xem như một hiệu ứng phụ của một lực mạnh (hơn) giữa các quark mà các hạt tải là những gluon.[35]







David J. Gross　　H. David Politzer　　Frank Wilczek

Ba ông được trao giải Nobel Vật lí năm 2004 cho "Khám phá tự do tiệm cận trong thuyết tương tác mạnh". Phần kia, hiện tượng giam nhốt của quark và gluon trong hadron, chưa bao giờ được chứng minh toán học một cách chặt chẽ, mặc dù người ta vẫn tin nó. Viện Clay đã treo giải thưởng 1 triệu Đô la cho ai chứng minh được (Weinberg 2013) (Ảnh: Courtesy of Nobel committee).

HIDEKI YUKAWA VÀ CÁC MESON hay là LỰC TRUYỀN THẾ NÀO?

Khi các proton và neutron, gọi chung là nuclon, được phát hiện trong nhân nguyên tử thì vấn đề được đặt ra: lực nào giữ chúng lại trong nhân? Theo thuyết lực yếu của Fermi, thì lực yếu lại quá yếu để làm nhiệm vụ nói trên. Phải là một *lực mạnh*, có phạm vi tác động thật ngắn. Năm 1935 nhà vật lí Hideki Yukawa đưa ra một ý tưởng cách mạng có tính lí thuyết, cho

---

[34] *Mee*, 204 và Aczel, 144-145.

[35] *'t Hooft*, 30.

rằng, tương tự như lực điện từ giữ các electron được tạo ra do sự trao đổi qua lại hạt photon của ánh sáng, lực mạnh cũng được tạo ra do sự trao đổi qua lại của một loại hạt mà ông gọi là hạt pion (kí hiệu π), hay pi-meson. Hạt này nhảy qua nhảy lại giữa các nuclon để tạo ra lực mạnh. Yukawa cho rằng lực yếu cũng được hình thành như thế với những hạt tải lực khác. Sử dụng *nguyên lí bất định* của Heisenberg, Yukawa ước tính được khối lượng của pion là khoảng 200 lần khối lượng của electron, và hằng số tương tác phải bằng 10^{14} lần hằng số tương tác của lực yếu Fermi. Meson ám chỉ "hạt trung bình", nặng hơn electron và nhẹ hơn proton và neutron (Ngày nay khối lượng của pion được biết là 135-140 MeV (Mega electron Volts)).

Ý tưởng của Yukawa trước tiên bị bỏ quên, nhưng hai năm sau, Carl Anderson và S. Neddermeyer của Đại học Celtech (Anderson là người đã tìm ra phản hạt positron của electron) đã phát hiện từ các tia vũ trụ một loại hạt có khối lượng giống như hạt Yukawa đã tiên đoán cho pion, nặng hơn 207 lần electron, và tưởng rằng đó chính là pion của Yukawa. Nhưng M. Converi, E. Pancini và O. Piccioni từ Ý chứng minh rằng không đúng như vậy, hạt tìm thấy có tương tác với các nuclon khoảng 10^{12} lần nhỏ hơn cường độ cần thiết để giải thích lực mạnh. Hạt tìm thấy được gọi là *muon* (kí hiệu μ). Nhưng khám phá trên làm cho dư luận chú ý hơn đến hạt của Yukawa.

Mãi đến năm 1947 hạt pion mới được tìm thấy do C. F. Powell (và G. Occhialini), từ các tia vũ trụ, có khối lượng gần đúng như Yukawa tiên đoán, xuất hiện ở ba dạng có điện tích dương π^+, âm π^-, và trung hòa π^0. Các hạt này có tương tác rất mạnh với các nuclon và đúng là pion của Yukawa. Những pion có điện tích phân rã nhanh chóng thành muon và neutrino, vì thế muon được quan sát trước, pi-meson đã biến mất sau phân rã. Còn pion trung hòa phân rã thành các tia gamma. Yukawa được trao giải Nobel hai năm sau, 1949, là giải Nobel đầu tiên cho Nhật Bản, bốn năm sau Thế chiến thứ II. Năm sau Powell cũng được trao giải Nobel.

Có điểm giống nhau giữa photon và pion. Các nguyên tử khi va chạm nhau đủ lâu, chúng sẽ phát ra ánh sáng, tức photon, giống như khi vật chất được đun nóng lên (nguồn gốc của thuyết lượng tử!). Tương tự, ở cấp

10.000 lần nhỏ hơn, các nhân nguyên tử cũng có thể làm được như thế. Khi chúng va đập nhau với năng lượng đủ cao, các pion sẽ được phát ra. Ngày nay người ta biết rằng, trên tầng khí quyển cao, các nguyên tử của vũ trụ bay đến với một năng lượng rất cao, va chạm với các nguyên tử của bầu khí quyển. Chúng sẽ lập tức tạo ra rất nhiều hạt pion, theo đúng thuyết Yukawa. Nhưng các pion mang điện tích chỉ tồn tại khoảnh khắc nhỏ hơn một phần mười triệu giây và phân rã thành các muon và một neutrino. Các neutrino thường thoát khỏi sự kiểm tra của con người, nhưng muon thì có thể bị khám phá ở các tầng khí quyển thấp hay thậm chí ở độ sâu vài trăm mét dưới đất, bởi chúng không tương tác mạnh cho nên có thể xuống sâu hơn. Trước những tính chất lạ ấy, nhà vật lí hạt giải Nobel I. I. Rabi, trong lúc ngồi trong một nhà hàng Tàu, buông ra câu nói nổi tiếng: "Ai gọi hạt muon này vậy?"[36]

Về sau, thuyết lực mạnh của Yukawa được thay thế bằng sắc động học, mạnh hơn, với các hạt cơ bản là quark và hạt lực là gluon. Nhưng ý tưởng lực được truyền bởi sự trao đổi các hạt đã trở thành khái niệm chung của vật lí hạt.

TRƯỜNG

Trường (field) là một khái niệm rất cơ bản trong vật lí lượng tử, khởi đầu từ ý tưởng của Faraday về từ trường phân bố xung quanh một thanh nam châm, được Maxwell sau đó thiết lập trong các phương trình *thuyết điện từ* toán học mang tên ông, mô tả trường điện từ bao gồm các hiện tượng điện và ánh sáng; rồi tiếp tục được Einstein tiếp thu trong *trường hấp dẫn* của thuyết tương đối rộng. Từ đó nó trở thành phổ biến trong vật lí. Khái niệm trường khắc phục được nhược điểm của cơ học cổ điển về "tác dụng xa" của các sự vật như trong lực hấp dẫn Newton, hoặc tương tác giữa hai điện tích, nó giải thích được tác dụng đó một cách chính xác. Một sự nhiễu loạn tại vật chất gây ra trường, và được truyền đi với vận tốc ánh sáng. Tác

[36] 't Hooft, 23, 26.

dụng của trường do đó không phải tức thì như người ta lầm tưởng. Một sự vật bước vào trường của một sự vật khác sẽ chịu sự tác động của trường ấy, như một người ngồi trên nệm mút bị lún xuống, như cách giải thích trường hấp dẫn Einstein.

Thuyết trường lượng tử, tuy nhiên, đi xa hơn một bước, vừa có trường, vừa có lượng tử, mô tả các trường và các lượng tử tương tác. Nguyên nhân của một trường là một loại *tích* (charge) theo nghĩa rộng; tích điện là một ví dụ thông thường. Trường được *lượng tử hóa* (quantized) thành các bó năng lượng, quanta, và sự *trao đổi* qua lại các lượng tử này chính là tương tác giữa hai đối tượng mang tích của thuyết này. Hai ví dụ trong Mô hình Chuẩn: a) Thuyết QED với *điện tích* như nguyên nhân của trường, và lượng tử của trường là các hạt *photon*. Tương tác giữa hai hạt mang điện tích là sự trao đổi qua lại các photon; b) Thuyết QCD với *sắc tích* của quark (ba màu đỏ, lam, xanh) là nguyên nhân của trường, và lượng tử của trường là các hạt *gluon*. Các hạt mang sắc tích tương tác nhau qua sự trao đổi của các gluon.[37] Tương tự trong trường hợp lực hấp dẫn, người ta cho rằng có một loại hạt graviton; nhưng điều này chưa được phát hiện.

Nếu trước đây người ta diễn giải "tác dụng xa" là do trung gian của trường, thì nay trong thuyết trường lượng tử, người ta nói rằng nó được trung gian bởi sự trao đổi của các hạt lượng tử của trường. Sự khác biệt là các *lượng tử*. Vật lí lượng tử được xây dựng trên hai khái niệm là *vật chất* và *trường*, nghĩa là một lí thuyết *nhị nguyên* (dualistic).

Thuyết trường lượng tử được áp dụng thích hợp cho thế giới các vật thể kích thước *rất nhỏ* và chuyển động *rất nhanh*, thế giới các *hạt cơ bản* có hai tính chất này. Thuyết trường lượng tử phải tương thích với cơ học lượng tử và thuyết tương đối hẹp. Mô hình Chuẩn hoạt động với các khái niệm *trường* trong các phương trình chứ không phải với hạt như cơ học cổ điển, và các hạt là sự thể hiện của các trường này. Mỗi hạt cơ bản có một trường tương ứng: các trường electron, quark, lepton và trường boson. Khái niệm trường được Dirac nêu lên lần đầu tiên, sau đó đến QED mới phát huy tác dụng đích thực

---

[37] *Goldmann Lexikon*, 504.

của nó trong vật lí lượng tử tương đối tính. Thuyết trường lượng tử thành công đầu tiên là thuyết điện động học QED của Richard Feynman, Julian Schwinger và Sin-Itiro Tomonaga (và Freeman Dyson). Thuyết này diễn giải tương tác của hạt vật chất electron với photon thông qua trường điện từ của hạt này là trường truyền lực của photon. Thuyết này đã dọn đường cho Mô hình Chuẩn[38] (Xem thêm *Vẻ Đẹp của Mô hình Chuẩn* dưới đây).

PHẦN II

(Nhưng) tìm cách ứng dụng một phép thử bằng thực nghiệm sẽ chứng tỏ sự thiếu hiểu biết về khác biệt giữa bản chất con người và thần thánh; bởi vì chỉ có Thượng Đế mới có tri thức và quyền năng làm cho Ngài có đủ khả năng hợp nhiều viên gạch cấu thành vào một và tách sự thống nhất đạt được thành những viên gạch cấu thành của nó, nhưng không người nào có thể hoặc sẽ có năng lực làm được việc đó cả.

Plato, *Timaeus*

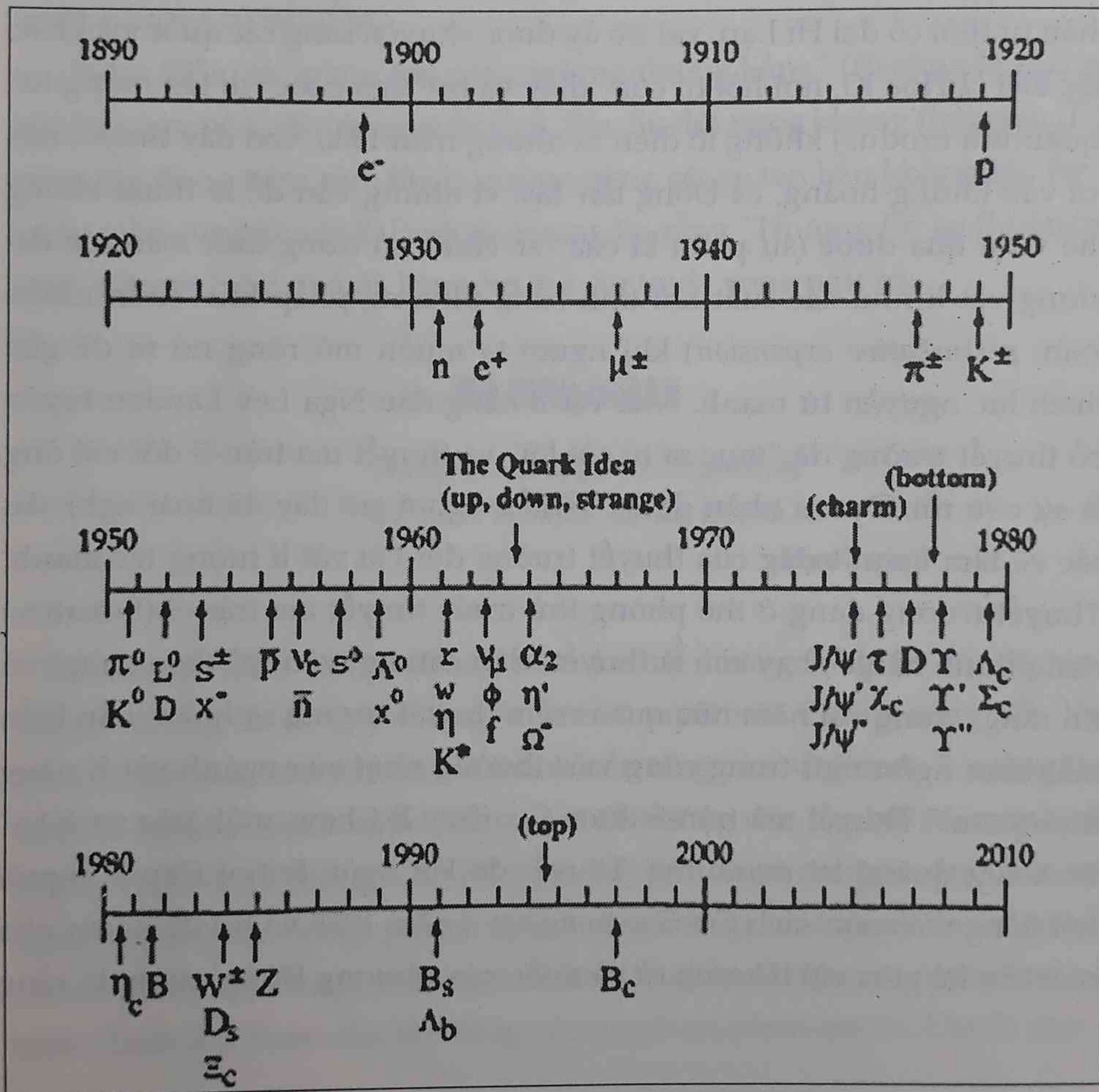
KHỦNG HOẢNG VÀ CỨU TINH HAY LÀ SỰ HÌNH THÀNH MÔ HÌNH CHUẨN

Sau khi các pi-meson được khám phá, người ta thở phào. Nhưng năm 1947 nhiều hạt nặng như "thiên thạch" của thế giới vi mô "hạ san" từ các tia vũ trụ, đó là những Kaon. Từ năm 1950 một loạt hạt mới xuất hiện. Những năm 1950 và 1960 thật là rối rắm cho các nhà vật lí hạt. Cả một "vườn thú" hạt lần lần được tìm thấy mà người ta chẳng biết chúng từ đâu đến và để làm gì? Công thức "nguyên tử = electron + proton + neutron" bị lung lay, proton và neutron có lẽ không còn là hạt cơ bản nữa. Cấu trúc nào nằm đằng sau vườn thú hạt kia? Giữa thế kỉ 20 có hai nguồn cung cấp các hạt cơ bản phong phú: từ các tia vũ trụ, và từ các máy gia tốc đang trong

---

[38] *Aczel*, 98-100.

giai đoạn phát triển, đã đưa tới một sự tăng vọt các hạt cơ bản: các pion, kaon, eta meson, rho meson, hyperon (theo tiếng Hi Lạp). Fermi phải thốt lên: "Người bạn trẻ ơi, nếu tôi có thể nhớ hết tên các hạt này, tôi sẽ thành nhà thực vật học mất." Hay Willis Lamb trong diễn từ nhận giải Nobel của mình đã diễn tả hóm hỉnh tình hình "lạm phát" hạt như sau: "Người tìm ra một hạt cơ bản mới thường được thưởng giải Nobel, nhưng bây giờ một sự khám phá như thế cần phải bị phạt mười ngàn Đô la Mĩ."



Thời biểu phát hiện các hạt từ cuối thế kỉ 19 đến hết thế kỉ 20.
(Barnett et al., 31).

Những năm đó, thuyết trường lượng tử, điện động học lượng tử QED, vốn được tin tưởng tuyệt đối một thời, cũng bị đặt lại vấn đề. Feynman đã gọi thuyết này là "viên ngọc của vật lí", và quyển sách nổi tiếng của ông có tên *QED, Thuyết lạ lùng của ánh sáng và vật chất*. Ba nhà vật lí học sáng giá Julian Schwinger, Richard Feynman và Sin-Itiro Tomonaga của Hoa Kì và Nhật Bản đã chia nhau giải Nobel năm 1965[39]. Giải Nobel này cũng là tiếng chuông báo hiệu sự chấm dứt vai trò thống soái của Âu châu trong thuyết lượng tử, hay nói xa hơn vai trò thống soái khoa học của Âu châu từ thời cổ đại Hi Lạp, vai trò ấy được chuyển sang các quốc gia khác, đặc biệt là Hoa Kì, nơi hội tụ của "thầy và trò" sau cuộc "di tản lượng tử" (quantum exodus) khổng lồ diễn ra những năm 1930. Giờ đây thuyết này rơi vào khủng hoảng, cả Đông lẫn Tây, vì những vấn đề kĩ thuật không thể vượt qua được (sự phân kì của các chuỗi số trong tính toán các đại lượng vật lí như xác suất khi tính bằng phương pháp khai triển nhiễu loạn, *perturbative expansion*) khi người ta muốn mở rộng nó ra để giải thích lực nguyên tử mạnh. Nhà vật lí hàng đầu Nga Lev Landau tuyên bố thuyết trường đã "mục rã từ cốt lõi" và thuyết ma trận-S đối với ông là sự cứu rỗi. Dyson nhận định: "Nhiều người giờ đây đã hoài nghi sâu sắc về tầm quan trọng của thuyết trường đối với vật lí tương tác mạnh. Thuyết trường đang ở thế phòng thủ trước thuyết ma trận-S (S-matrix) đang thịnh hành", hay còn là thuyết "dân chủ nguyên tử" (bootstrap) và tin rằng "trong vài năm nữa quan niệm thuyết trường sẽ hoàn toàn biến mất khỏi ngôn ngữ trong công việc thường nhật của ngành vật lí năng lượng cao." Thuyết ma trận-S được Geoffrey F. Chew, một giáo sư ở UC Berkeley, quảng bá mạnh mẽ. Thuyết đó lên ngôi. Fritiof Capra, người nổi tiếng với cuốn sách *Cái Đạo trong vật lí* năm 1975 và tin đã khám phá mối liên hệ giữa vật lí lượng tử và thiền của phương Đông, cũng tin rằng

---

[39] Feynman, Schwinger và Tomonaga đáng lẽ nhận giải Nobel từ nhiều năm trước, nếu không có thái độ tiêu cực của Bohr đối với thuyết này. Giải Nobel được công nhận sau khi Bohr qua đời. Khi giải được công bố, Oppenheimer gửi cho Feynman từ Tel Aviv một điện tín với một chữ vỏn vẹn: "Enfin" ("Cuối cùng" rồi cũng được, tiếng Pháp). Xem *Ne'eman & Kirsh*, 59.

thuyết ma trận-S là sự song song thuyết phục nhất với thuyết thần bí phương Đông.[40]

"Sự thành công của QED những năm cuối cùng của thập niên 40 thế kỉ 19 đã tạo ra một sự phát triển mạnh mẽ trong ngành vật lí hạt cơ bản, nhưng... chẳng bao lâu một sự đổ vỡ niềm tin xảy ra, thị trường bị sụp đổ, cổ phiếu của thuyết trường lượng tử rớt giá trên thị trường chứng khoán vật lí, và cuộc suy thoái thứ hai bắt đầu, kéo dài gần hai mươi năm" như Weinberg bình luận tình hình những năm 1950. Cuộc "vỡ mộng" với thuyết trường lượng tử bắt đầu.

Năm 1956, cả "phép đối xứng gương thiêng liêng" (*P*) cũng bị phá vỡ bởi T. D. Lee và C. N. Yang và bà C. S. Wu. Sự đối xứng không thời gian (PT) cũng chỉ đúng tiệm cận. Đó là những tiếng sét xé tan bầu không khí êm ả và tự mãn của giới vật lí. Pauli đã không tin rằng "Thượng Đế lại thuận tay trái", nhưng Ngài quả đã làm như thế. Sự tuyệt vọng ngự trị.

MÔ HÌNH QUARK

Những gì một cô gái tìm ở người yêu
Là quark là duyên, và tính lạ, anh ơi.[41]

Hawkwind

Nhưng chính trong những năm khủng hoảng lòng tin ấy đã hình thành những tia sáng ý tưởng "cứu rỗi" tuyệt vời. Chúng sáng dần lên, được nhận thức sâu dần và trở thành nền tảng của vật lí mới. Ý tưởng thứ nhất là *mô hình quark* năm 1964, được đề xướng độc lập bởi Murray Gell-Mann và George Zweig, cho rằng các hạt proton và neutron được cấu tạo bằng *ba quark* bên trong: proton chứa hai quark up, một quark down: (uud); neutron một quark up, hai quark downd: (udd); và rộng ra, nhiều loại hạt khác (hadron) được cấu tạo bằng các quark và phản-quark. Đây là một ý

---

[40] *Kragh*, 404.

[41] Ban nhạc rock, trong bài hát *Quark, Strangeness and Charm* (Quark, Tính lạ và Duyên).

tưởng đột phá xuống "đáy" sâu của vũ trụ. Nhưng trước khi mô hình quark ra đời đã có "khúc dạo đầu": Gell-Mann, và Ne'eman từ Israel độc lập nhau, năm 1962, nhận thấy rằng có thể xếp các hạt theo các mẫu dựa trên tính chất của nhóm SU(3)[42], nhóm ba hạt, tám hạt, mười hạt và hai mươi bảy hạt, theo số các toán tử (operator, transformation) của các phép biểu diễn[43] cần thiết để "quay" một thành viên này đến một thành viên kia của nhóm. Hai ông đã thành công trong việc lập nên bảng tám hạt và mười hạt, với tính chất tuần hoàn theo các thông số là những con số lượng tử (theo số lạ, strangeness; hoặc theo số isospin), và điện tích. Gell-Mann gọi các bảng tám hạt (octet) là "Bát chính đạo" (The Eightfold Path). Từ những bản tám hạt hay mười hạt đó (decuplet/ decimet) Gell-Mann cũng như Ne'eman nhận thấy còn thiếu hạt này hay hạt kia, với tính chất này, tính chất kia, và tiên đoán chúng. Quả nhiên, sau đó thực nghiệm đã tìm thấy chúng. *Bát chính đạo*, một từ mà Gell-Mann, một chuyên gia ngôn ngữ đã cố ý lấy từ thuyết nhà Phật (*chính kiến, chính tư duy, chính ngữ, chính nghiệp, chính mệnh, chính tinh tiến, chính niệm, chính định*), giống như bảng tuần hoàn mà Mendeleev từng tạo ra cho 92 nguyên tố một trăm năm trước. Nhưng ở đây, thế giới đã khác, tinh tế hơn. Bảng tuần hoàn Mendeleev dựa trên các thông số khối lượng và điện tích, trong khi Bát chính đạo có các thông số là những số lượng tử như độ lạ và isospin.

Gell-Mann, nổi tiếng là một thần đồng, với nhiều phát minh đột phá về hạt cơ bản, sắp xếp chúng lại hợp lí, có thể được mệnh danh là "vua

---

[42] Là nhóm các phép quay trong không gian ba chiều. Các phép quay này làm thành một nhóm (có những tính chất nhóm), nhóm Lie, lấy theo tên gọi của nhà toán học Na Uy Sophus Lie thế kỉ 19. Chúng có đặc tính *không* giao hoán (không-aben, non-abelian): AxB (áp dụng hai phép quay A và B lần lượt) không đồng nhất với phép quay BxA (B trước, A sau). Trong phép nhân các số thực thông thường, ta luôn có sự giao hoán $xy = yx$. Nhưng ở đây thì không. Xem Johnson, *Strange Beauty*, Chương 9.

[43] *Biểu diễn* (representation) của một nhóm G: là một phép áp (mapping) D của mỗi phần tử của G lên một tập hợp của các toán tử tuyến tính (linear operator) với những tính chất sau đây:

(1) $D(e) = 1$, trong đó: e là phần tử đồng nhất của G, và 1 là toán tử đồng nhất trong không gian mà các toán tử tuyến tính tác dụng.

(2) $D(g_1 g_2) = D(g_1)D(g_2)$ nói cách khác, phép nhân nhóm được áp lên phép nhân trong không gian tuyến tính của các toán tử tuyến tính.

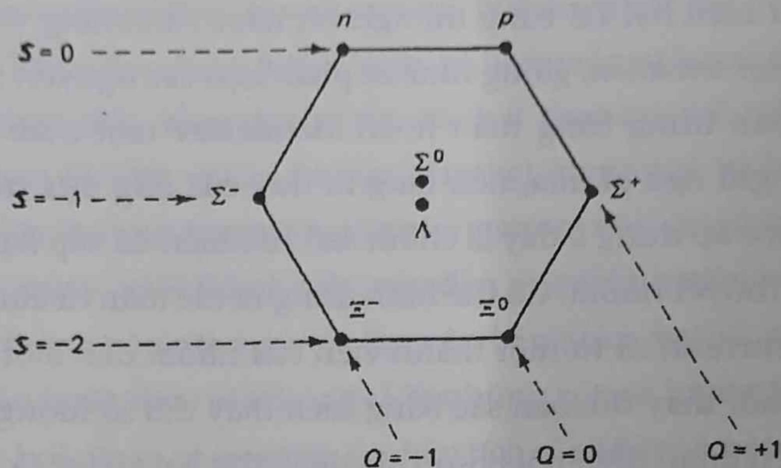
hạt". Sự phát hiện hạt Ω^- bằng thí nghiệm năm 1963 đúng với tiên đoán của ông, là một *sensation*, giống như sự phát hiện các nguyên tố còn thiếu được tiên đoán trong bảng tuần hoàn Mendeleev một trăm năm trước. Không còn nghi ngờ gì nữa, nền tảng tư duy của ông dựa trên lí thuyết nhóm Lie được áp dụng ở đây là chính xác, tự nhiên đã xếp hạt theo đúng các mẫu của thuyết nhóm. Có thể hình dung ra các toán tử cũng là những dòng chảy (current) đi từ một thành viên của nhóm đến một thành viên khác, đồng thời thay đổi bản sắc bằng cách thay đổi số lượng tử. Và mỗi dòng chảy liên quan đến một boson giả thiết như hạt tải lực (Johnson, 190-91)[44]. Bát chính đạo đã đem lại trật tự trong cánh rừng hạt hỗn độn. Sau *Bát chính đạo* và sự xác nhận thực nghiệm các viên gạch còn thiếu, Gell-Mann đã sướng lên đến "niết bàn" với giải thưởng Nobel năm 1969, trước cả sự xác nhận của hạt quark! Với sự xác nhận Bát chính đạo, Gell-Mann cảm thấy mình là con người mới, "a new me". Ông giống như một hiệp sĩ xông vào cánh rừng hạt hỗn độn để lập lại trật tự mặc dù chưa biết rõ lực mạnh chi phối các hạt là gì. Gell-Mann là người có rất nhiều đam mê, trong đó có đam mê quan sát chim. Trong tám ngàn loài chim thế giới ông đã quan sát được hơn nửa. Ông còn tham gia vào phong trào đấu tranh bảo vệ môi trường.

> "*Bát chính đạo*". *S* là độ lạ (strangeness), được Gell-Mann và Ne'eman đưa vào như một số lượng tử mới (quantum number) cho các hạt có tính chất lạ là phân rã chậm được tìm thấy từ trên trời cũng như trong các máy gia tốc. Như độ lạ, tính chất isospin[45] (ta không quan tâm ở đây) cũng là một số lượng tử, cả hai được bảo toàn trong các phản ứng hạt nhân gây ra bởi tương tác mạnh.

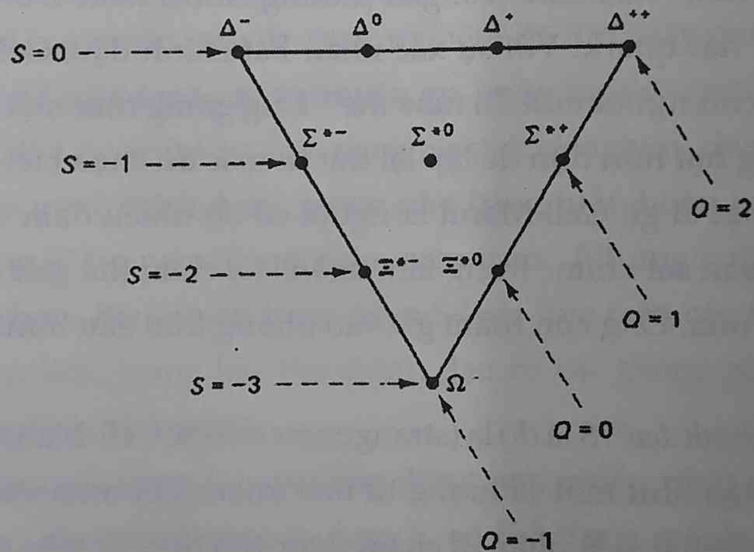
---

[44] Độc giả có thể tham khảo sự giải thích chi tiết trong Johnson, *Strange Beauty*, Chương 9.

[45] Là một số lượng tử được Heisenberg đưa ra năm 1932 để cắt nghĩa sự đối xứng (gần đúng) giữa neutron vừa tìm thấy và proton, xét về khối lượng. Isospin có kí hiệu là I. I (của proton) = 1/2x (số quark up - số quark down) = 1/2. Tương tự I (của neutron) = -1/2.



Bát chính đạo, hay bảng tuần hoàn 8 hạt (octet), của các hạt Baryon (Griffiths 2011, 35).



Bảng tuần hoàn 10 hạt Baryon (decuplet). Hạt Ω^- còn thiếu (Griffiths 2011, 36).

Nếu sử dụng mô hình quark, người ta có thể sắp các Bát chính đạo theo số lạ và số quark u chẳng hạn.

Số lạ. Sau hiện tượng hạt pion, có một số hạt được tìm thấy có tính chất đặc biệt, được gọi là *hạt lạ*, chúng xuất hiện luôn *cặp đôi* trong các va chạm hay phân rã, để lại dấu vết hình chữ V, chẳng hạn như hạt K^0 luôn đi đôi với hạt Σ^+, không bao giờ chỉ có một K^0 hay hai K^0. Chúng là sản phẩm của lực mạnh. Gell-Mann đặt tên tính chất này là tính lạ, hay số lạ (*strangeness*), có kí hiệu *s*, có trị số nguyên

âm lẫn dương; *s* là một số lượng tử và được bảo toàn bởi lực mạnh, điều giải thích tại sao các hạt lạ xuất hiện cặp đôi.[46] Các proton, neutron, pion được xem như các hạt thường, không lạ, nên có số lạ 0, nhưng +1 cho K^+ và K^0; -1 cho các Σ và Λ v.v. Trong các tương tác mạnh liên quan tới một hạt thường, nghĩa là số lạ 0, sự phát sinh một hạt lạ có số lạ +1 phải đi kèm theo một hạt có số lạ -1. Các hạt lạ sau này chính là những hạt chứa quark lạ.

Còn tại sao lại là *bộ ba* quark? Phép biểu diễn với ba toán tử, số nhỏ nhất, có tính chất là cơ bản, nghĩa là các phép biểu diễn với tám, mười toán tử, hay mười bảy, có thể được quy về nhóm biểu diễn với ba toán tử. Nghĩa là phép biểu diễn với ba toán tử là "viên gạch cơ bản" cho các phép biểu diễn lớn hơn. Điều này gợi lên rằng các hạt có thể được xây dựng bằng ba "quork" hay "quirk", với các điện tích lẻ là hệ quả, nhưng "khó coi" bởi điện tích lẻ chưa từng thấy trong thực nghiệm! Robert Serber là người đầu tiên đã gợi ý, sau khi đọc Bát chính đạo, và thúc giục Gell-Mann đi đến quyết định thừa nhận "bộ ba" này của thuyết nhóm là thành phần cơ bản. Bài mô hình quark của Gell-Mann sau đó được công bố đúng một ngày sau khi hạt Ω^- còn thiếu trong bảng tuần hoàn mười hạt được thực nghiệm tìm thấy ở trung tâm thí nghiệm Brookhaven. Những năm 1950 nhóm vật lí của Sakata ở Nhật Bản cũng đã từng đưa ra mô hình các hadron được cấu tạo bằng ba hạt proton, neutron và lambda, cho rằng các hạt này là cơ bản. Những điều tốt đều xuất hiện ba lần, như ngạn ngữ phương Tây nói. Kitô giáo cũng có "ba ngôi" (Trinity). Tôn giáo ở Ấn Độ cũng có "ba ngôi": Thần sáng tạo (Brahma), thần duy trì (Vishnu) và thần hủy diệt (Shiva). Chính con *số ba* lẻ này sẽ dẫn dắt các nhà vật lí đi sâu vào thế giới vi mô thêm nữa, thế giới của các "quark màu", và của *sắc động học* như bộ điều hành lớp hạt cuối cùng này.

Mô hình ba quark tuy được xem có cơ hội thành sự thật bởi các thí nghiệm sau đó cho thấy các proton và neutron còn ẩn chứa những hạt nhỏ hơn trong đó mà Feynman còn gọi là "parton" (bao gồm cả các hạt gluon, chất keo của lực mạnh để giữ quark). Nhưng không ai có thể "đánh bật"

---

[46] Xem *Griffiths* 2013, 115-17; và *Baggott* 2012, 58-59.

viên quark nào để nhìn mà tin cả. Không thấy không tin. Hơn nữa, do tính chất "bộ ba" nằm trong các hạt có điện tích số nguyên (+1 cho proton và 0 cho neutron), nên các quark phải có các điện tích bán nguyên (+2/3 cho quark *up* và -1/3 cho quark *down*), ta chỉ cần giải hai phương trình đơn giản với hai ẩn số là tìm ra điện tích bán nguyên của quark. Điều đó lại làm cho người ta càng nghi ngờ hơn nữa, bởi điện tích lẻ chưa bao giờ được quan sát. Số phận quark bị treo, và quark bị xem như là một thủ thuật toán học cho tiện ích. Bản thân Gell-Mann cũng bán tín bán nghi cực độ, nửa tin, bởi con đường "Bát chính đạo" đã quá đúng, và tiên đề ba quark chỉ là bước phát triển tiếp với thuyết nhóm SU(3) mà Gell-Mann và Ne'eman đã ứng dụng, bởi vẻ đẹp logic thu hút của nó. Ông như bị "tâm thần phân liệt." Một đồng nghiệp mô tả tâm trạng của Gell-Mann như sau: "Nếu quark không được tìm thấy, hãy nhớ rằng tôi không bao giờ bảo chúng sẽ được tìm thấy. Nếu chúng được tìm thấy, hãy nhớ rằng tôi là người nghĩ đến chúng đầu tiên." Chắc chắn các hạt quark nằm bên trong có những "trận cười" với những nhà vật lí hạt. Ngay những nhà vật lí tên tuổi đương thời như Feynman, và Victor Weisskopf, thầy của Gell-Mann, cũng không tin mô hình quark. Và nhóm vật lí của Đại học Kyoto, vốn chịu ảnh hưởng của "phép biện chứng duy vật" của Marx-Engels, đã xem quark là "chủ nghĩa duy tâm của tư sản".[47] Gell-Mann ngạc nhiên trước sự thật là người có lẽ duy nhất tin vào quark lại chính là Paul Dirac. Có lẽ bởi vì Dirac là người đã từng tiên đoán phản-hạt, một loại hạt "điên khùng" như hệ luận thuần túy của toán học, nhưng quả thật tồn tại, ngoài mọi sức tưởng tượng của con người.

Giải Nobel không trấn an được ông. Gell-Mann chờ đợi một tương lai đầy bất trắc: "Cuối cùng, có một viễn tượng thật sự hồi hộp của những sự ngạc nhiên, những sự việc hoàn toàn nằm ngoài trải nghiệm chúng ta, những điều mà ngôn ngữ lí thuyết hằng ngày của chúng ta không thích đáng để diễn tả... Sự căng thẳng đã tích tụ từ 15 năm qua; một cú sốc sẽ xảy ra khá nhanh." Nhưng chúng ta không lấy làm lạ khi biết rằng một thiên tài như Dirac sợ dư luận đến nỗi cũng không dám nói lên sự thật khám phá

---

[47] *Johnson*, 232.

của mình, ông từng cho rằng phản hạt của electron là *proton*, vì proton có điện tích nghịch với điện tích của electron. Năm 1931, trước sự chỉ trích của dư luận, ông mới nói đó là hạt "phản-electron", một bản sao của electron mang điện tích dương, còn lại giống hệt bản gốc electron. Năm 1932, Carl Andeson tìm thấy phản hạt electron, positron. Nhiều năm sau, khi được Gell-Mann hỏi tại sao ông không tiên đoán ngay phản hạt electron, ông trả lời rất thành thật: "Đó chỉ vì sự nhát gan."[48]

Sau giải Nobel 1969, tuy Gell-Mann vẫn tích cực trong ngành vật lí hạt, đóng góp thêm vào sự hình thành của thuyết sắc động học lượng tử cho lực mạnh đầu những năm 1970, nhưng sự lãnh đạo khoa học đang được chuyển dần sang thế hệ mới của những nhà vật lí hạt trẻ. Vai trò của Gell-Mann làm cho người ta nhớ lại một nhân vật lịch sử khác thời cổ đại. Giống như Moses đã làm những điều tốt đẹp cho dân tộc Israel, Gell-Mann đã đưa các nhà vật lí hạt ra khỏi sa mạc để đến thành phố Jericho, và từ đây những nhà vật lí trẻ sẽ tiếp tục sự nghiệp dẫn dắt chúng ta vào Miền Đất Hứa.[49]



Murray Gell-Mann (1929)
(Courtesy of Nobel Committee)

QUARK

"Three quarks for Muster Mark"

Gell-Mann lúc đầu gọi các quark của ông là quirk hay quork (kì lạ). Nhưng khi đọc lại tiểu thuyết *Finnegans Wake* của James Joyce (1882-1941) mà ông đã từng đọc trong thời niên thiếu, thì ông thấy một con hải âu say rượu gọi bia, thay vì nói "Ba chai bia (đơn vị Anh) cho ông Mark" (Three quarts for Mister Mark) thì nó lại nói chệch ra: "Ba quark cho Muster Mark" (Three quarks for Muster Mark). Quark, đọc là "quạc" trong tiếng Việt, còn là tiếng kêu của loài chim hải âu). Trời, sao nó phù hợp với ý tưởng *ba quark* của các proton và neutron của ông đến thế. Ông lấy ngay cái tên *quark*! Quark ở Đức lại có ý nghĩa là một món phô mai tươi như cottage cheese, đa dụng.

---

[48] *Baggott*, 2004, 45 hay *Gell-Mann*, 179.

[49] *Riordan*, 121.

THUYẾT YANG-MILLS

Vũ trụ được xây dựng trên một chương trình mà sự đối xứng sâu sắc của nó theo cách nào đó có mặt trong cấu trúc nội tâm của trí tuệ chúng ta.
Paul Valéry

Ý tưởng thứ hai của sự cứu rỗi là *thuyết Yang-Mills* được hai nhà vật lí C. N. Yang và Robert Mills phát minh năm 1954 tại phòng thí nghiệm Brookhaven. Đó là một công trình khai mở kỉ nguyên, là hạt giống của Yang được gieo trước cả sự khám phá vi phạm đối xứng gương của C. N. Yang và T. D. Lee. Yang và Mills muốn mở rộng điện động học QED để ứng dụng vào lực mạnh giữa các proton và neutron. "Điều gì sẽ xảy ra nếu chúng ta thay thế đối xứng chuẩn của electron bằng một đối xứng chuẩn khác?" QED là một thuyết trường điện động học cho electron và photon dựa trên nhóm SU(1)[50], tức đối xứng vòng tròn. Năm 1932, khi neutron được Chadwick tìm thấy, Heisenberg tin rằng hai hạt này chỉ là hai sự biểu hiện của cùng một hạt, gọi chung là nuclon (nucleon), bởi khối lượng của chúng gần bằng nhau.[51] Ông đưa vào khái niệm *isospin hạt nhân* (khác với spin thường), trong đó proton được phân cho một spin-trên (up, +1/2) và neutron một spin-dưới (down, -1/2), một cách tùy ý. Isospin là sự mở rộng khái niệm spin. Hai hạt proton và neutron có thể chuyển đổi qua lại bằng một phép "quay" spin của neutron trong không gian isospin, từ spin-dưới đến spin-trên. Vậy nên isospin là một (phép) đối xứng. Lực mạnh *sẽ không thay đổi* dưới tác động của phép (quay) đối xứng này. Sự khác nhau của proton và neutron là isospin, ngoài ra cả hai đều là một. Khái niệm này của Heisenberg là một "bước nhảy trực giác" dẫn tới những hậu quả "khôn lường", tuy isospin ban đầu chỉ là một tên gọi, một sản phẩm thuần túy của tri thức, một sự tương tự với spin của electron. Theo định lí Noether gợi ý, đại lượng nào sẽ được bảo toàn? Chính là isospin.

---

[50] SU(1) = nhóm unita các phép biến đổi một biến phức (complex variable).

[51] Khối lượng của proton là 938. 3 MeV/c^2, của neutron là 939. 6 MeV/c^2.



C. N. Yang và Robert L. Mills trong hội nghị vinh danh Yang khi ông về hưu, tại Đại học New York ở Stony Brook, 1999 (Nguồn: Huang 2007, 87)

Yang nhận ra rằng isospin là một loại *đối xứng chuẩn định xứ*, giống như đối xứng pha của hàm số sóng electron trong QED. Đối xứng isospin được bảo toàn đồng nghĩa với lực mạnh không phân biệt được chúng. Yang và Mills đi tìm lí thuyết trường bảo toàn isospin, giống như QED đã bảo toàn điện tích. Hai ông cần nhóm SU(2), hay đối xứng của hình cầu, là nhóm đặc biệt unita của các phép biến đổi hai biến phức, vì có hai đối tượng biến đổi lẫn nhau. Thuyết Yang-Mills cũng đúng cho mọi phép đối xứng. SU là viết tắt của *special unitary* [Tương tự, thuyết lực mạnh được dựa trên SU(3) một bậc cao hơn, nhóm này khác với SU(3) Bát chính đạo của Gell-Mann.]

Ngoài ra thuyết cũng cần đến *ba hạt* để chịu trách nhiệm cho truyền tải lực mạnh giữ proton và neutron trong nhân, giống như photon trong QED. Hai trong ba hạt này cần có điện tích để đáp ứng sự thay đổi điện tích trong tương tác proton-neutron và neutron-proton. Hai ông gọi hai hạt này là B^+ và B^-. Hạt thứ ba trung hòa, như photon, gọi là B^0, để đáp ứng tương tác proton-proton và neutron-neutron. Các hạt này không những tương tác với proton và neutron mà còn tương tác với nhau.[52] Ngày nay, các B được gọi là boson (véctơ), như các hạt *W*, *Z* trong thuyết lực điện-yếu, hay các gluon trong thuyết lực mạnh.

---

[52] *Baggott* 2012, 49-50.

Nhưng không may, các hạt tải lực nói trên, như một hệ quả của đối xứng chuẩn định xứ của thuyết, đều *không có khối lượng* (massless), như Pauli nhận ra. Các boson khi không có khối lượng thì tầm hoạt động của lực sẽ vô cực như lực điện-từ, trong khi các lực nguyên tử chỉ hoạt động ở khoảng cách cực ngắn. Lực yếu và lực mạnh sau này đều là những lực Yang-Mills. Ngày nay người ta biết các boson, trừ các boson của lực mạnh bị nhốt vào các hadron. Nhưng điều đó không phù hợp với thuyết lực điện-yếu có các boson nặng *W*, *Z*. Nếu các hạt B không khối lượng, thì thuyết Yang-Mills cũng không thể mô tả lực mạnh như mục tiêu của nó. Chỉ có photon là không có khối lượng. Mọi cố gắng ghép khối lượng vào đều thất bại, thuyết Yang-Mills không còn đối xứng. Pauli, người được mệnh danh là "tiên tri" và "kẻ phê phán không thương tiếc của Chúa", đã phê bình mạnh mẽ tính chất không có khối lượng của các boson này, trước sự sững sờ của Yang. Trong bài khảo cứu của mình, Yang và Mills viết: "Chúng tôi đi đến vấn đề khối lượng của lượng tử [B], nhưng chúng tôi không có một lời giải nào thỏa đáng." "Chúng tôi không biết làm sao để cho lí thuyết thích hợp với thực nghiệm", Yang nói. "Nhưng theo đánh giá của chúng tôi, vẻ đẹp của ý tưởng xứng đáng được chú ý."[53] Hai ông không tiến được thêm bước nào sau đó và chuyển sang lĩnh vực khác. Nhưng ý tưởng của Yang và Mills giống như viên kim cương, vẫn tiếp tục chiếu sáng với vẻ đẹp thu hút giới vật lí lí thuyết bất tận.

Yang tự thuật, mười năm sau công trình nghiên cứu với Mills, ông chẳng nhận được một lời mời nào để diễn thuyết về nó cả! Nhưng hai mươi năm sau, thuyết Yang-Mills mới sử dụng được và tạo nên những hệ quả "khôn lường" cho ngành vật lí hạt cơ bản. Viên kim cương đã tỏa sáng rực rỡ hơn bao giờ hết. C. N. Yang xứng đáng được trao tặng giải Nobel một lần nữa với R. Mills.

Khái niệm đối xứng chuẩn định xứ được mượn từ ý tưởng của Hermann Weyl năm 1918, năm Emmy Noether khám phá ra các định lí về đối xứng và bảo toàn. Weyl là học trò của David Hilbert, đã nỗ lực thống nhất lực hấp

---

[53] Crease vàMann, 195.

dẫn và thuyết điện từ, nhưng không thành công. Ý tưởng đối xứng này được Fritz London chỉnh sửa năm 1927, thành đối xứng pha trong thuyết điện từ. Lực điện-từ có đúng tính chất này: Nó bù trừ tất cả mọi sự thay đổi pha từ một vị trí bằng cách tạo ra những photon ảo, tức một trường điện từ tác động để bảo toàn điện tích.[54]

Ngày nay, sau Yang và Mills, người ta biết rằng đối xứng chuẩn định xứ quyết định tất cả các lực. Cả bốn lực của tự nhiên, lực hấp dẫn, lực điện-từ, lực yếu và lực mạnh đều dựa trên các phép đối xứng. Phép đối xứng chuẩn có tính chất "*không-aben*" (non-abelian). Nó không giống như đối xứng trong không-thời gian của Einstein. Nó dựa trên một nhóm không-aben[55] của các phép biến đổi. Các hạt B^+, B^- và B^0 ngày nay được gọi là "boson chuẩn". Khi nhóm đối xứng được xác định thì các boson chuẩn hoàn toàn được xác định.

Trong dịp vinh danh Einstein 70 tuổi năm 1949, nhà vật lí Eugene Wigner đã phát biểu: "Đây là điều tự nhiên khi chúng ta nỗ lực suy diễn các định luật của tự nhiên và kiểm tra tính đúng đắn của chúng bằng công cụ các định luật (tính) *bất biến*, hơn là suy diễn các định luật của tính bất biến từ điều mà chúng ta tin là các định luật của tự nhiên."[56]

---

54 Crease và Mann, Chương 10 về *Đối xứng*.

55 Nhóm (group) trong toán được định nghĩa như một tập hợp G, với một phép toán có tác dụng: cứ mỗi hai phần tử *f* và *g* của G (viết $f, g \in G$) nó tạo thành một phần tử mới *fg* (viết tượng trưng như dấu nhân cho tiện, hay bất cứ dấu nào khác) với những tính chất sau đây:
(1) Nếu $f, g \in G$, thì $fg \in G$.
(2) Nếu $f, g, h \in G$, thì $f(gh) = (fg)h$ (tính kết hợp).
(3) Có một phần tử đồng nhất $e \in G$ sao cho với bất cứ phần tử $f \in G$, thì $ef = fe = f$.
(4) Đối với mỗi phần tử $f \in G$ có một phần tử nghịch f^{-1} ($\in$ G) sao cho $ff^{-1} = e$.
Nhóm G được gọi là *aben* khi $fg = gf$ cho mọi $f, g \in G$. Ngược lại, nếu $fg \neq gf$ thì nhóm được gọi là không-aben. Aben được lấy từ tên của nhà toán học Na Uy Niels Abel đầu thế kỉ 19.

56 Ferris, 307.

CƠ CHẾ HIGGS

Sự diễn đạt cái huyền bí bằng cái huyền bí.

Wassily Kandinsky[57]

Các hạt cơ bản của vũ trụ tự chúng thiếu phẩm chất tồn tại trong không gian và thời gian.

Banesh Hoffmann[58]

Ý tưởng thứ ba là *cơ chế Higgs*, hay còn được gọi là cơ chế BEH theo tên ba nhà vật lí đã phát hiện đầu tiên: Brout, Englert và Higgs. Năm 1964 ba nhóm độc lập đề xuất các phương pháp chứng minh sự phá vỡ tự phát của một đối xứng định xứ *không* tạo ra các boson không khối lượng, đó là Robert Brout, François Englert; Peter Higgs; Gerald Guralnik, Carl Hagen và Tom Kibble. Tại sao người ta không đơn giản dùng tay đặt khối lượng vào cho chúng trong các phương trình ngay từ đầu? Điều đó đã được thử, nhưng tự nhiên không cho phép, các kết nối lượng tử chặt chẽ sẽ dẫn đến tính toán vô hạn, gọi là "không tái chuẩn hóa" (non-renormalizable) và không sử dụng được.

Ý tưởng của cơ chế Higgs có thể được mô tả tốt nhất bằng ý tưởng "phá vỡ đối xứng tự phát" (*spontaneous symmetry breaking*), một trong những ý tưởng đẹp nhất của thế kỉ 20, đầu tiên diễn ra trong ngành vật lí ngưng tụ, sau đó lan tỏa sang vật lí hạt. Ý tưởng này thế nào? Ngay sau Vụ nổ lớn (10^{-32} giây, nhiệt độ 10^{27} K), trường Higgs bằng không, vũ trụ là một "nồi xúp quark-gluon" nóng hơn mọi sức tưởng tượng của con người, tất cả các lực đều thống nhất với nhau thành một lực duy nhất, siêu lực; thế giới còn đối xứng. Nhưng khi vũ trụ nguội bớt do sự bành trướng, có một sự "nấc cụt", sự chuyển pha vũ trụ, trường Higgs xuất hiện tự phát (như hiện tượng ngưng tụ hay từ hóa), khiến cho các hạt có tương tác với nó trở thành *có*

---

[57] Danh họa Nga được xem là người tiên phong của trường phái hội họa thuần túy trừu tượng đầu thế kỉ 20. Ông sống ở nhiều nơi, lấy nhiều quốc tịch như Đức, Pháp.

[58] Nhà vật lí học Mĩ gốc Anh, cộng tác viên gần gũi của Einstein.

khối lượng, và *phá vỡ tự phát đối xứng*, các lực cơ bản, lực hấp dẫn, lực điện từ, lực mạnh và lực yếu, tách ra với những tính chất đặc thù của chúng. Từ khi có trường Higgs xuất hiện, các hạt như phải "bơi" trong đó và trở thành có khối lượng. Chỉ có photon của ánh sáng là không có khối lượng, đó là "hạt minh triết mang ánh sáng", và truyền lực điện từ. Các hạt khác của lực yếu và các hạt vật chất đều trở thành có khối lượng. Có thể so sánh, thuyết điện-yếu giống như tháp nghiêng *Pisa*, rất đối xứng, nhưng bị *nghiêng* về phía các boson nặng *W* và *Z*.

Lev Landau có lẽ là người đầu tiên đã có ý tưởng chuyển pha nhiệt động học (thermodynamic phase transition) khi có phá vỡ đối xứng trong vật lí ngưng tụ (condensed matter physics).[59] Sự chuyển pha có mối liên hệ với sự thay đổi đối xứng, các đối xứng tồn tại trên nhiệt độ chuyển pha sẽ mất đi dưới nhiệt độ đó. Các hạt *W* và *Z* của lực yếu cảm nhận cơ chế Higgs mạnh mẽ nên đã có khối lượng lớn, và lực yếu đã tách khỏi lực điện từ (với hạt tải lực photon không khối lượng), cũng vì thế làm cho lực yếu yếu hơn lực điện từ. Hiện tượng phá vỡ tự phát đối xứng giống như hiện tượng từ hoá tự phát của một thanh sắt khi nhiệt độ xuống đủ thấp, hoặc hiện tượng siêu dẫn. Trường Higgs đã "phân liệt nhân cách" của lực điện-yếu. Bởi vì hạt Higgs rất nặng, nó chỉ có thể xuất hiện, theo nguyên lí bất định Heisenberg cho cặp năng lượng và thời gian ($\Delta E \Delta t \geq \hbar/2$), trong một thời gian ngắn ngủi.

Yoichiro Nambu là người, bằng cảm hứng và các ý tưởng lấy từ thuyết BCS (Bardeen- Cooper-Schrieffer) trong vật lí siêu dẫn, đã tự hỏi:

> Điều gì sẽ xảy ra nếu một loại vật liệu siêu dẫn chiếm cả vũ trụ và chúng ta sống trong đó? Vì chúng ta không thể quan sát chân không đích thực, trạng thái nền (ground state) của chất này thực tế sẽ trở thành chân không. Lúc đó ngay cả những hạt vốn không khối lượng trong chân không đích thực... sẽ nhận được khối lượng trong thế giới hiện thực (chúng ta đang sống).[60]

---

[59] Anderson, Chương "Y. Nambu and Broken Symmetry".

[60] Baggott 2012, 76.

Phá vỡ đối xứng, người ta sẽ nhận được các hạt có khối lượng, Nambu lí luận. Đó là một *khúc dạo đầu* của cơ chế Higgs. Nhưng trở ngại của chương trình Nambu là "định lí Goldstone" theo đó khi các trường bất biến chuẩn định xứ (đối với phép biến đổi Lorentz) có sự phá vỡ tự phát đối xứng, sẽ phải hiện hữu một loại boson mang spin 0 *không có khối lượng*. Phá vỡ đối xứng vẫn *chưa đủ*, phải có thêm một cơ chế nào đó để tạo khối lượng cho boson chuẩn mang spin 1[61]. Các boson spin 0 không khối lượng này được gọi là boson Goldstone hay Nambu-Goldstone.

Mặc dù phá vỡ tự phát đối xứng không được nhấn mạnh trong công trình BCS, nhưng sự nhận thức về hiện tượng này đã tạo ra một cuộc cách mạng trong vật lí hạt cơ bản, như Weinberg nhấn mạnh.[62]

Peter Higgs trong một hồi tưởng viết: "Nambu thật sự là một bứt phá quyết định."[63] Nhưng Nambu không đi tiếp, do những khó khăn của các boson không khối lượng.[64] Điều đó khiến ông về sau hối tiếc. Ông nói trong bài diễn thuyết nhận giải Nobel năm 2008: "Nghĩ lại tôi tiếc rằng tôi đã không nghiên cứu một cách chi tiết hơn nữa cơ chế tổng quát của sự tạo ra khối lượng cho trường chuẩn... Đáng lẽ tôi phải chú ý hơn cơ chế Higgs hiện tại."

Peter Higgs tự thuật sau khi bài nghiên cứu thứ hai của ông bị tạp chí *Physics Letters* từ chối.

"Tôi nổi cáu. Tôi tin rằng những gì tôi viết ra có thể có những hệ quả quan trọng cho ngành vật lí hạt. Sau đó, đồng nghiệp Squires của tôi... đã kể cho tôi rằng những nhà lí thuyết ở đó đã không hiểu được điều tôi đã làm. Bây giờ nghĩ lại, tôi thấy điều này không ngạc nhiên: vào năm 1964, bối cảnh lí thuyết hạt ở Âu châu bị thống trị bởi các nhà lí thuyết về ma trận-S. Lí thuyết trường lượng tử đã hết mốt và tôi lại nhanh chóng đưa ra sự mô tả cơ chế sinh ra khối lượng bằng lí thuyết trường cổ điển được tuyến tính hóa, được lượng tử hóa với sự giúp đỡ của các hệ thức de Broglie. Điều này có ý nghĩa gì đối với thế giới vật lí hạt mới ngoan ngoãn của các ma trận-S, của các mô hình bootstrap, của các cực Regge? "

(Nguyễn Tiến Bình *dịch*)

---

[61] Higgs 1997, 506.

[62] Weinberg 2008, 137.

[63] Higgs, 2.

[64] Định lí này sau đó còn được cũng cố thêm bởi Salam và Weinberg. Xem Higgs, 4.

Có thể thoát khỏi "định lí Goldstone" ngặt nghèo này không? Thực tế, các hadron không phải không có khối lượng, các tinh tú đâu phun ra các boson Nambu-Goldstone như phun ra photon. Người lên tiếng đầu tiên cho rằng có thể thoát khỏi boson Goldstone là Philip Anderson, trong một bài báo năm 1963[65], từ những kinh nghiệm của ngành vật lí ngưng tụ. Anderson chỉ ra rằng trong một chất siêu dẫn, kiểu (mode) Goldstone trở thành kiểu plasmon có khối lượng, do các tương tác điện từ của nó. Anderson chỉ dừng ở đó và tiên đoán "Sự khó khăn khối lượng zêrô của Goldstone là không nghiêm trọng", nhưng điều đó đã mở ra cho Peter Higgs và những người khác hướng vượt qua định lí không khối lượng Goldstone.[66]

Bài báo đầu tiên được đăng trên *Physics Letters* của CERN năm 1964 chứng minh các boson chuẩn có khối lượng là có thể, nhưng chưa đưa ra mô hình cụ thể với các boson nặng. Trong bài thứ hai Higgs đưa ra một mô hình trong đó các boson không khối lượng bị xoá bỏ bằng cách đưa vào một trường chuẩn "xơi" boson Nambu-Goldstone để "mập ra", nghĩa là có khối lượng.[67] Ông lại gửi bài đến tạp chí của CERN nhưng lần này bị từ chối! Sau đó với sự bổ sung một số chương, ông gửi bài cho *Physical Review Letters* của Mĩ. Theo yêu cầu của người đánh giá (sau này được biết là Nambu), ông viết thêm bình luận về bài của Englert và Brout, và ở đây ông xác nhận lần đầu tiên sự tồn tại cần thiết của một boson vô hướng (scalar) sau này được gọi là boson Higgs. Trong cái rủi có cái may.

Higgs rất ý thức sự đóng góp của Anderson năm 1963. Ông thừa nhận công lao của Anderson nhưng lại không đi xa hơn: "Anderson đáng lí ra đã làm hai việc cơ bản mà tôi đã làm. Ông sẽ vạch ra sự thiếu sót của định lí Goldstone, và xây dựng nên một mô hình tương đối tính đơn giản để chứng minh điều đó xảy ra. Tuy nhiên, khi tôi trình bày một tham luận về

---

[65] Anderson, "Plasmons, Gauge Invariance and Mass", *Phys. Rev*. 130 (1963).

[66] Higgs, 4.

[67] Carroll 2012, 223. Xem thêm Huang 2007, 189-191.

cơ chế gọi là Higgs, tôi bắt đầu bằng Anderson, người đã có suy nghĩ đúng, nhưng không ai hiểu ông ta."[68]

Bản thân Peter Higgs ban đầu không khỏi nghi ngờ ý tưởng của chính mình, giống như Gell-Mann. Năm 1964 ông viết cho một nghiên cứu sinh của ông: "Hè này tôi đã khám phá một điều hoàn toàn vô dụng", kí tên: "Peter Higgs". Bốn mươi năm sau, các nhà khoa học của trên 80 quốc gia đến trung tâm CERN để khởi động một đề án lớn mà một trong những mục tiêu chính là đi tìm hạt Higgs mang tên ông.

VỀ HIỆN TƯỢNG SIÊU DẪN

Chất siêu dẫn là các vật liệu mà khi nhiệt độ xuống đủ thấp, dòng các electron (tạo ra dòng điện) có thể chảy thông suốt không bị cản trở (Giống như hiện tượng siêu lỏng, *superfluidity*, do Pyotr Kapitsa khám phá năm 1937, rằng ở nhiệt độ 2. 17K, helium lỏng bất ngờ mất hết sức cản đối với dòng chảy). Lí thuyết đầu tiên của các chất siêu dẫn được đưa ra bởi các nhà vật lí Nga Vitaly Ginzburg và Lev Landau năm 1950. Họ gợi ý rằng một loại trường đặc biệt thấm suốt chất siêu dẫn gây ra hiện tượng siêu dẫn, mặc dù không chỉ rõ đó là trường gì. Bardeen, Cooper và Schrieffer (giải Nobel 1972) đã xác định trường ấy bằng lí thuyết BCS (viết tắt của tên ba ông), theo đó khi nhiệt độ xuống dưới trị số tới hạn, các electron của các nguyên tử của vật liệu siêu dẫn bỗng nhiên kết lại từng "cặp đôi hoàn hảo"- "cặp Cooper". Các electron bình thường đẩy nhau vì cùng có điện tích âm, nhưng nay chúng lại kết với nhau. Một electron nếu đứng lẻ sẽ liên tiếp bị va vào các nguyên tử xung quanh nó, tức gặp điện trở, nhưng trong một cặp đôi "hoàn hảo" thì chúng sẽ bảo vệ nhau, "trả đũa" ngay mỗi cú đẩy vào một electron bằng một cú kéo lại bù trừ lên electron kia.[69] Hệ quả là một cặp đôi như thế có thể trượt dài như trượt băng mà không gặp sức cản, làm vật liệu trở thành siêu dẫn! Thật huyền diệu. Cặp Cooper của hai electron vận hành như một boson, vì hai spin của chúng hoặc cộng nhau hoặc trừ nhau, nên cặp Cooper có spin 0, 1 hoặc -1, tức spin của boson. Siêu dẫn có tính chất rất đặc biệt là "kìm hãm" lực điện từ (đối xứng của lực điện từ bị phá vỡ), và đẩy từ trường ra (hiệu ứng Meissner-Ochsenfeld, có thể được sử dụng để xây loại xe điện chạy không ma sát trên đường ray). Tương tác giữa photon của lực điện từ và các cặp Cooper làm thay đổi bản chất của photon. Photon bị làm chậm lại, như thể chúng đi bằng chân trần qua một cánh đồng bùn: photon trở thành

[68] Carroll 2012, 226.

[69] Carrol 2012, 214 và Baggott 2012, 74.

có khối lượng! Vậy thì ở mô hình siêu dẫn, trong một trường thấm suốt không gian, đối xứng bị phá vỡ tự phát, boson không có khối lượng trở thành có khối lượng. Thông điệp ở đây là: một trường boson thấm suốt không gian có thể tạo khối lượng cho photon. Đó là nguồn cảm hứng của những nhà vật lí hạt cơ bản muốn đi tìm cơ chế tạo khối lượng cho các boson của các lực.[70] Thông số trật tự (order parameter) của Landau ở đây là "trường Higgs".

Wilczek đưa ra cách lí giải bằng thuyết trường: các photon là những nhiễu loạn chuyển động của các trường điện-từ. Trong một chất siêu dẫn, các electron phản ứng lại rất nghiêm ngặt với các trường điện-từ. Nên khi có sự nhiễu loạn điện từ của photon đến, thì các electron của chất siêu dẫn, để tái lập cân bằng một cách chặt chẽ, phải tạo ra một sức kéo lại tác dụng lên chuyển động của các trường (của photon). Vậy nên, thay vì chuyển động với vận tốc thông thường của ánh sáng, các photon bên trong vật siêu dẫn chuyển động chậm hơn, như thể chúng đã có quán tính, nghĩa là có khối lượng. Trong các phương trình, người ta sẽ thấy các photon bị chậm lại bên trong một chất siêu dẫn tuân thủ cùng các phương trình như thể chúng có khối lượng thật sự.[71]

Weinberg đã diễn tả sinh động về phá vỡ đối xứng: "Chúng ta (giống như những sinh vật trong thanh nam châm), gần đây biết rằng một đối xứng đã bị phá vỡ trong vũ trụ *chúng ta*[72]. Đó là đối xứng giữa các lực yếu và điện từ, sự phá vỡ đã được chứng minh, chẳng hạn, bởi những điểm không giống nhau giữa photon không khối lượng và các hạt rất nặng *W* và Z." Ông cho rằng sự bất đối xứng trong trường hợp thanh nam châm được thể hiện qua sự định hướng bắc-nam của từ trường của nó ai cũng thấy ngay. Còn sự bất đối xứng trong Mô hình Chuẩn thì có tính chất huyền bí. Đó là trách nhiệm của trường Higgs. Leon Lederman thì viết một cách thi vị về tác động của cơ chế Higgs: "Như vậy, trước Higgs, chỉ có đối xứng và sự buồn tẻ; sau Higgs, có sự đa phức và phấn kích. Tiếp đến nếu nhìn lên bầu trời đêm, bạn sẽ ý thức rằng tất cả không gian kia tràn đầy những ảnh

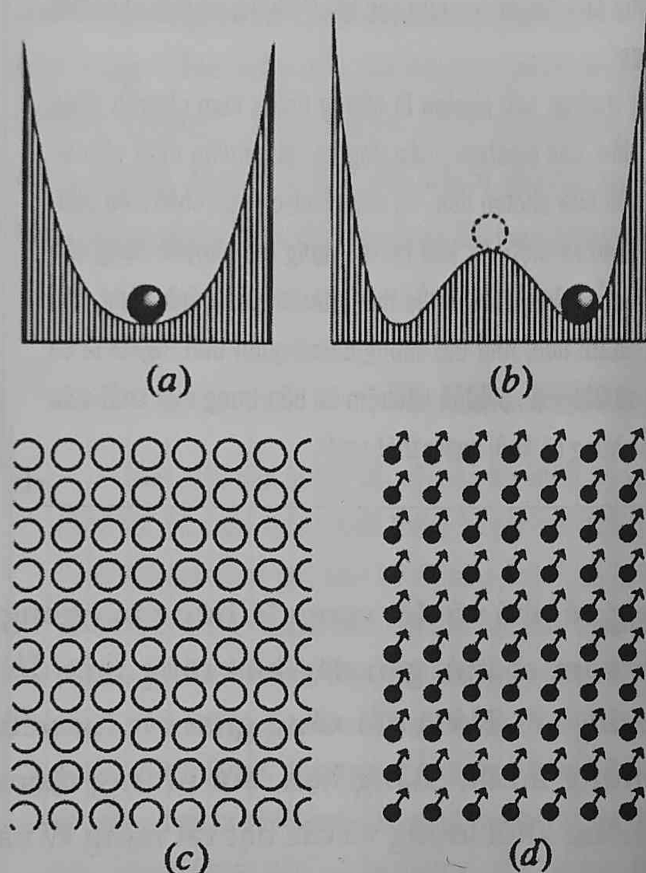
---

[70] Mee, Chương 7, *The Mystery of the Secret Symmetry*. Xem thêm bài của GS. Phạm Xuân Yêm trong Kỉ yếu.

[71] Wilczek 2008, 95.

[72] Có thể hình dung thêm một sự "phá vỡ đối xứng" của thế giới phương Đông: Giả thiết có thế giới linh hồn. Thế giới này "đối xứng" bởi các linh hồn bay bổng, không khối lượng, do đó không bị ràng buộc vào một khoảng không gian nào. Sự đầu thai của mỗi linh hồn xuống thế gian là một hiện tượng "phá vỡ đối xứng tự phát": linh hồn đó đã có khối lượng và bị ràng buộc vào thế gian, có sức ì, giống như các hạt W, Z.

hưởng huyền bí của Higgs, đó là nguồn gốc, theo lí thuyết này, cho sự đa dạng phức tạp của vũ trụ mà chúng ta biết và yêu thích."[73]



Đối xứng và phá vỡ tự phát đối xứng. Một hệ thống đối xứng các phương trình có thể có một nghiệm số đối xứng, lúc đó bền (a). Hoặc nó có một nghiệm số bất đối xứng (b). Nếu một trường có một nghiệm số đối xứng, thế giới mà nó mô tả sẽ đối xứng (c). Nếu nghiệm số là bất đối xứng, tất cả hiện tượng trong thế giới cũng sẽ bất đối xứng (d) ('t Hooft, 71).

Đối xứng ẩn. Sự phá vỡ đối xứng của cơ chế Higgs còn được thể hiện một cách khác. Đó là các phương trình vật lí tuy tuân theo các phép đối xứng, nhưng các trạng thái vật lí, thể hiện qua các nghiệm số của các phương trình, thì lại *không*. Khi đối xứng bị phá vỡ (bên trong), các nghiệm số không còn tuân theo các đối xứng của phương trình nữa! Do đó đôi khi người ta còn gọi là *đối xứng ẩn* (hidden symmetries). Các phương trình mô tả các hạt quark u và d, chẳng hạn, là đối xứng đối với các hạt, nhưng điều đó không bảo đảm các nghiệm số nhất thiết phải đối xứng. Phương trình có hai nghiệm, mỗi nghiệm tự nó không đối xứng, nhưng sự đối xứng được thể hiện trong tổng thể của hai hay tất cả các nghiệm. Nghiệm thứ nhất sẽ

[73] Lederman &Teresi, 374.

cho khối lượng quark u lớn hơn quark d, nhưng nghiệm thứ hai cho khối lượng quark u nhỏ hơn quark d, với cùng một lượng khác biệt.[74]Tự nhiên sẽ chọn một trong hai nghiệm trong thực tế. Sự đối xứng đã bị "phá vỡ" thành nhiều nghiệm số khác nhau, điều này đã được quan sát thấy trong các phòng thí nghiệm, và rất thú vị.[75]

Theo Mô hình Chuẩn, chân không không phải là không có gì, mà tràn đầy trường Higgs, có mức năng lượng thấp nhất không bằng không. Các quanta (gói năng lượng) của trường này chính là các boson Higgs có spin 0 ở khắp nơi. Frank Wilczek diễn tả trong *The Lightness of Being*: "Không gian cũng không phải như cái chúng ta thấy. Cái xuất hiện như khoảng trống trước mắt được trí tuệ chúng ta khám phá là một môi trường phức tạp đầy rẫy những hoạt động tự phát."[76]

Trường Higgs làm người ta nhớ lại chất ether tồn tại từ lâu trong vũ trụ, đặc biệt cuối thế kỉ 19, như một môi trường vô hình (invisible medium) để truyền tải sóng điện từ, ánh sáng, và sau thuyết tương đối hẹp của Einstein năm 1905 nó đã không còn hiệu lực. Nhưng trường Higgs bao trùm không gian không liên quan đến việc truyền ánh sáng, không ảnh hưởng tới tốc độ hay chuyển động. Người ta chỉ có thể gỡ bỏ trường Higgs bằng cách đun nóng vũ trụ lên mức 10^{15} độ, điều con người không thể làm được trong lúc này.

---

[74] Weinberg 1993, 194-95.

[75] Thêm một ví dụ về các quỹ đạo elip của hành tinh trong thái dương hệ. Các phương trình chi phối trường lực hấp dẫn của mặt trời, và các chuyển động của thiên thể trong trường này, tuân theo đối xứng quay; không có gì để phân biệt hướng này với hướng khác, các hướng đều bình đẳng với nhau. Một chuyển động tròn theo cách nghĩ của Plato sẽ tuân theo đối xứng này, nhưng các quỹ đạo elip thực tế của các hành tinh thì không: trục dài của elip chỉ ra một hướng định rõ trong không gian. Xem Weinberg 2011.

[76] Wilczek, 1.

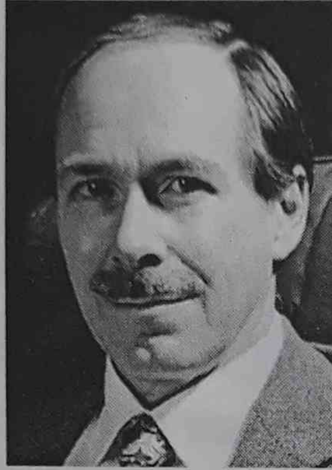
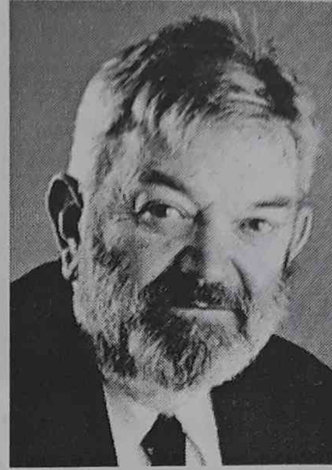
BỨT PHÁ

Sự thừa nhận sự thật được thực nghiệm như một mặt của chân lí là một chủ đề sâu xa, và là động cơ chính yếu đã làm chuyển động nền văn minh chúng ta từ thời Phục hưng.

Jacob Bronowski

Mười ba năm sau thuyết Yang-Mills, bốn năm sau cơ chế Higgs hay BEH, Glashow, Salam và Weinberg thiết kế sự thống nhất hai lực điện từ và lực yếu (1967) bằng thuyết Yang-Mills và dựa trên cơ chế hạt Higgs với các boson của lực yếu *W, Z có khối lượng*, thoát khỏi cái bẫy "Goldstone-Nambu". Cần thêm bốn năm nữa khi người sinh viên mới 25 tuổi (!) tài cao Gerardus 't Hooft của xứ sở hoa tulip chứng minh chặt chẽ bằng toán học (1971) rằng một lớp rộng các thuyết chuẩn (không-aben, không giao hoán) có thể "tái chuẩn hóa", trong đó có thuyết điện-yếu của Weinberg, tức không bị cản trở bởi các đại lượng vô hạn (infinities) vô nghĩa về vật lí, thì thuyết này mới được sử dụng rộng rãi. Tái chuẩn hóa từng là đề tài của những năm 1950, xuất hiện trong thuyết QED, đã được khắc phục cho thuyết này. Nhưng đối với thuyết lực điện-yếu thì các cha đẻ của nó Glahshow, Salam và Weinberg đều bó tay, mặc dù họ tin tưởng vào tính tái chuẩn hóa của thuyết.

Nhưng nụ hôn của 't Hooft đã "biến con ếch bị lời nguyền của Weinberg thành vị hoàng tử làm say mê lòng người" (Sidney Coleman). Tức thì bài báo của Weinberg năm 1967 được trích dẫn như "thác lũ" sau nhiều năm không được quan tâm. Có thể hiểu được, vì ba thập niên qua là thời kì thuyết trường lượng tử bị "khai tử" trên toàn thế giới. Đến năm 1979 số trích dẫn lên tới kỉ lục: 8.000 lần! Giới vật lí trở lại *thuyết trường lượng tử*. Nếu năm 1961 Chew đã so sánh thuyết trường lượng tử (QFT, Quantum field theory), như một "người lính già được số mệnh quyết định không chết liền, nhưng dần dần biến mất" thì mỉa mai thay, đúng 10 năm sau, người lính già ấy sống lại như một "thần đèn" đầy quyền năng, và thuyết ma trận-S (hay bootstrap) dần dần biến mất như một làn khói. Không có QFT, khó lòng có một Mô hình Chuẩn hôm nay.

Gerardus 't Hooft (trái) cùng với thầy của mình Martinus J. G. Veltman (Courtesy of Nobel Committee). Giải Nobel Vật lí 1999 được trao cho hai ông *"vì đã làm sáng tỏ cấu trúc lượng tử của tương tác điện-yếu trong vật lí"*.

Sự tồn tại của các tương tác điện-yếu được kiểm tra thực nghiệm qua hai giai đoạn, giai đoạn đầu bằng sự khám phá các dòng trung hòa của Z năm 1973 tại CERN ở Âu châu (với máy dò đặc biệt Gargamelle) và bị giới vật lí hạt rất nghi ngờ, trước khi khám phá này được tái xác nhận tại Fermilab ở Mĩ năm sau. Giai đoạn hai bằng sự khám phá của các boson chuẩn *W* và Z năm 1983 tại CERN do công của nhà vật lí Ý Carlo Rubbia và nhà thiết kế Hà Lan Simon van der Meer. W có nghĩa là *weak*, yếu. Với kí hiệu Z, Weinberg muốn rằng đó là sự chấm hết các boson của lực điện-yếu. Sự tồn tại của dòng trung hòa, của *W* và Z là những thành tựu tuyệt vời của thuyết điện-yếu, và lần lượt được thực nghiệm xác nhận chính xác.

Sự khám phá các hạt *W*, *Z* tại CERN là một câu chuyện li kì. Trong một bài hồi tưởng, GS. Pierre Darriulat, người chủ trì một cỗ máy trong khám phá các hạt *W*, *Z*, đã viết về Rubbia: "Không nghi ngờ gì Carlo là vua của vương quốc proton-phản proton và được công nhận như thế bởi tất cả chúng tôi. Công trạng của Rubbia là đã thúc đẩy các ý tưởng của ông về một máy gia tốc proton-phản proton với một sự quyết tâm không mệt mỏi trong một không khí đối nghịch. Thực thế, ông thúc đẩy không những với một quyết tâm mà còn với một tầm nhìn sáng sủa về những gì mà các đề nghị của ông sẽ mang lại, và với một sự hiểu biết sâu sắc về các vấn đề giữa vật lí và máy móc đang bị gặp khó khăn."

Tháng Giêng năm 1983, Rubbia công bố kết quả nghiên cứu của mình tại một cuộc hội thảo ở Roma, trong một trạng thái thần kinh căng thẳng khác thường: *"Chúng trông như các hạt W, chúng ngửi như các hạt W, chúng phải là các hạt W."*[77]



Carlo Rubbia



Simon van der Meer

Giải vật lí 1984 được trao cho Carlo Rubbia và Simon van der Meer *"vì các đóng góp cho dự án lớn đưa đến khám phá các hạt trường W và Z, hạt truyền tải của tương tác yếu"* (Courtesy of Nobel Committee).



Pierre Darriulat ở tuổi 45 (Ảnh: CERN), lúc đảm nhận vị trí phát ngôn viên cỗ máy UA2 của CERN trong cuộc khám phá các hạt boson lực *W, Z* chung với Carlo Rubbia. Về công nghệ, CERN bắt đầu vượt qua các phòng thí nghiệm tên tuổi của Hoa Kì đã từng ngự trị trên vũ đài vật lí hạt mấy thập niên và đã tìm ra các hạt cơ bản. Tờ *New York Times* có bài xã luận tháng 7 năm 1983 với tiêu đề giật tít: "Châu Âu 3 hạt, Hoa Kì ngay cả Z-Zero cũng không" (Châu Âu được cả 3 hạt W^+, W^-, Z^0, còn Hoa Kì không được ngay cả Z^0). Tờ *Times* viết "Tin không lành là người Âu châu đã dẫn đầu trong cuộc chạy đua để khám phá các viên gạch cơ bản cuối cùng của vật chất." Không những các hạt W, Z, mà các viên keo gluon của lực mạnh cũng được tìm thấy tại một máy gia tốc của Đức. Vậy là tất cả các boson lực về tay người Âu châu, một sự "báo thù", như một cách nói giật tít (Trong Sample, 101). Từ hơn mười ba năm qua GS. Pierre Darriulat giảng dạy và tạo được một nhóm nghiên cứu tại Hà Nội (*Nguồn ảnh*: Prix André Lagarrigue).

---

[77] Baggott 2012, 152.



Cuộc họp báo lịch sử năm 1983 công bố đã tìm thấy các boson lực yếu W và Z.
Bên trái từ ngoài vào: Rubbia rồi đến Van der Meer. Ngoài cùng bên phải: Darriulat.

Không những lực yếu, mà cả lực mạnh, còn gọi là *sắc động học lượng tử* QCD, lực điều hành các quark, cũng dựa trên thuyết Yang-Mills. Lực mạnh có các boson gluon không khối lượng, nhưng có cùng định mệnh là bị nhốt vào các "trại giam hồng ngoại" để quản lí các quark. *Quark - gluon* - và *sắc động học* là một thành tựu cột mốc trong Mô hình Chuẩn mà nếu không có lớp này, không thể hiểu được kiến trúc tinh tế của tạo hóa muốn thách đố con người. Đó là "lớp đáy" của chân lí sâu thẳm. "Sắc là chìa khóa"[78], như câu nói của danh họa Kandinsky. Đúng như thế. Phải tới lớp này mới hiểu được kiến trúc của tạo hóa. Sắc (màu) được đề xuất bởi O. Greenberg, Nambu (1964), rồi Gell-Mann và Fritzsch (1973) để mô hình quark không mâu thuẫn với nguyên lí Pauli. Tự nhiên đã tỏ ra không đơn giản, và giàu tưởng tượng hơn con người nhiều. Einstein đôi khi cũng nghĩ, Thượng Đế có thể "thâm hiểm" lắm. Nhưng con người đã lần được những bước đi khúc khuỷu của Ngài.

---

[78] Kandinsky, trong Düchting.

"CUỘC CÁCH MẠNG THÁNG MƯỜI MỘT" và TRIẾT HỌC CHÍNH THỐNG MỚI

Giờ hãy xem trí tuệ kia, nó tìm kiếm, và làm cho
Tất cả bí ẩn che giấu của tự nhiên trở nên sáng sủa,
Phơi bày ra như tù nhân phủ phục của bóng đêm.

Boethius[79]

Những thập niên 1950, 1960 và 1970 là thời kì *sturm und drang* của vật lí hạt cơ bản, dông bão và thôi thúc, và cũng của diễn đàn chính trị thế giới, với chiến tranh, bạo loạn. Trong khi Hoa Kì lâm vào cuộc chiến u ám tại chiến trường Việt Nam, thì cộng đồng vật lí hạt lâm vào một cuộc chiến khác, không phải chống lại nhau, mà chống một "kẻ thù" chung: sự "vô minh"[80]. Năm 1964, năm khai sinh mô hình quark và cơ chế Higgs, cũng là năm nhóm Beatles gây bão tố tại Hoa Kì. Ba năm sau, 1967, sự thống nhất hai lực điện từ và lực yếu hình thành nhưng phải chờ thực nghiệm xác nhận. Qua những năm 1970, Mô hình Chuẩn hình thành, sau "cuộc cách mạng tháng Mười một"[81], một cách đầy tự tin; vật lí hạt bước sang trang, ra khỏi cuộc khủng hoảng, cũng vào lúc mây mù chính trị thế giới tan biến. Một chuỗi thí nghiệm tán xạ electron từ năm 1967 đến 1973 bởi sự hợp tác các nhà khoa học của MIT và Trung tâm Gia tốc tuyến tính Stanford (SLAC) cung cấp chứng cứ trực tiếp rằng proton có cấu trúc bên trong mà quark là các ứng viên. Khái niệm quark từ vương quốc platonic bước gần vào *thực thể vật lí*. Các nhà lãnh đạo nhóm Jerome Friedman (từng thăm Việt Nam tại các Hội thảo gặp gỡ Việt Nam), Henry Kendall của MIT và Richard Taylor của SLAC được trao giải Nobel năm 1990.

Với sự xuất hiện của thuyết sắc động học lượng tử đầu những năm 1970, ý tưởng quark có sức thuyết phục hơn. Sự bứt phá diễn ra vào lúc David Gross và Frank Wilczek tại Princeton và David Politzer tại Đại học Harvard độc lập với nhau chứng minh rằng, một số thuyết trường lượng

---

79 Nhà triết học cổ đại cuối cùng trước khi xã hội phương Tây bước vào "thời kì đen tối".

80 Schumm, 283.

81 "November Revolution".

tử như sắc động học lượng tử của lực mạnh, có tính chất lạ, nói rằng lực tác dụng của các thuyết này sẽ giảm đi khi các hạt tiến gần nhau, và khi khoảng cách đủ nhỏ, lực không còn tác dụng nữa (hiện tượng *tự do tiệm cận*). Như vậy, trong trường hợp lực mạnh, lực này giữa các quark và gluon sẽ giảm với khoảng cách ngắn, tăng với khoảng cách dài, và có lẽ sẽ tăng mạnh đến nỗi không cho phép các quark và gluon đi xa nhau quá. Điều này giải thích được tại sao người ta không thể quan sát được quark và gluon tự do, cũng như tại sao sự vận động của các quark trong các neuclon giống như khi chúng tự do, điều mà người ta đã quan sát trước đó.[82]

Các kháng cự cuối cùng chống lại mô hình quark thực sự chấm dứt vĩnh viễn sau "cuộc cách mạng tháng Mười một" năm 1974 khi tại SLAC dưới sự lãnh đạo của Burton Richter, và Phòng thí nghiệm quốc gia Brookhaven, dưới sự lãnh đạo của Samuel Ting, viên quark *duyên* mà Glashow và Bjorken tiên đoán năm 1964 được tìm thấy gián tiếp qua một meson chứa quark duyên và phản-quark duyên, được gọi là hạt charmonium và được đặt tên là *J*/ψ. Nhóm của Richter đặt tên meson duyên là ψ (psi, kí tự Hi Lạp), trong khi nhóm của Ting gọi nó là *J*, giống chữ (丁) tên tiếng Hoa của Ting (tiếng Việt: Đinh). Kết hợp lại, người ta gọi nó với cái tên đôi là*J*/ψ. Với quark duyên, bộ tứ của hai thế hệ đầu quark và lepton của Mô hình Chuẩn được hoàn tất đối xứng đẹp, cho thấy thêm, quark và lepton có quan hệ mật thiết với nhau. Hơn nữa, meson này trung hòa và nặng (khối lượng tĩnh 3,0969 GeV/c^2, khối lượng của quark khoảng 1,5 GeV/c^2) gấp ba lần trọng lượng của một proton (meson theo nghĩa ban đầu có nghĩa là nặng trung bình). Sự tồn tại của quark duyên này cũng được đòi hỏi bởi thuyết thống nhất điện-yếu của Glashow, Salam và Weinberg. Chính boson trung hòa Z^0 của thuyết này mà dòng trung hòa (neutral current) của nó được phát hiện một năm trước đã gây ra sự trao đổi tính lạ (strangeness)[83]. Thuyết lực

---

[82] Weinberg 1994, 182-83.

[83] Xem giải thích chi tiết trong Schumm, 105-114. Người ta lúc đầu lầm tưởng rằng một sự tán xạ của một muon neutrino với một quark down thông qua trao đổi một boson trung hòa Z^0 của lực yếu sẽ cho ra quark s, điều lại không tìm thấy trong thực nghiệm. Năm 1970, cơ chế GIM (Glashow-Iliopoulos-Maiani) giải thích rằng điều đó không xảy

mạnh QCD cũng tiên đoán (Politzer và Tom Appelquist) ở năng lượng cao, lực mạnh sẽ giảm, và cặp quark duyên này ít hút nhau, nên phân rã rất lâu. Điều này cũng được xác nhận tuyệt vời, tuổi thọ của *J/ψ* (10^{-20}s), gấp 1.000 lần các hạt khác, chẳng hạn các hạt hadron tiêu biểu (10^{-23}s)[84]. Vậy nên việc khám phá *J/ψ* củng cố thêm lòng tin vào lực yếu và lực mạnh. Vì thế nó được gọi là một cuộc cách mạng. Hai năm sau, giải Nobel đã được trao cho Richter và Ting.



Burton Richter

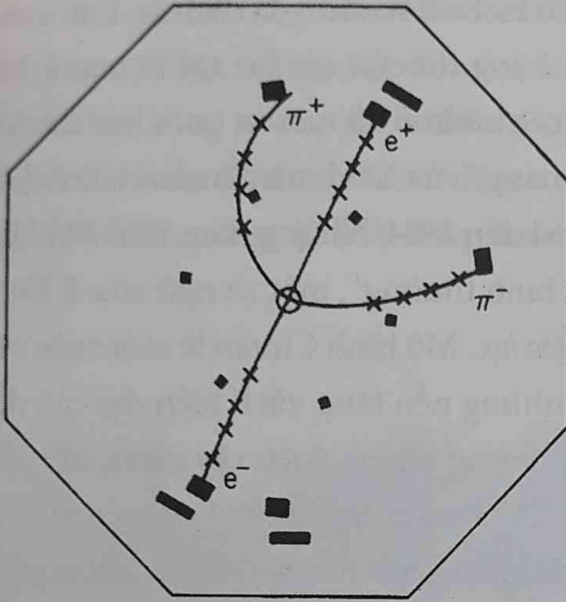


Samuel Ting

Giải Nobel Vật lí 1976 được trao cho Burton Richter và Samuel Ting đã làm "cuộc Cách mạng tháng Mười một", "*vì công trình khai phá của họ trong việc khám phá một hạt cơ bản nặng loại mới*".

ra nếu như (tiên đoán) có một quark duyên tồn tại, người bạn đồng hành của quark lạ trong thế hệ thứ hai, và quark d sẽ phân rã thành quark duyên, chứ không phải quark lạ.

[84] Griffiths 2011, 44 và Close 2007, 131-132 và Martin, 127.



Sự phân rã của một hạt (Ψ') thành hạt J/Ψ (được tái tạo bằng computer máy dò Mark I của trung tâm SLAC năm 1974). Ψ' là một trạng thái được kích thích của J/Ψ. Ψ' phân rã thành hai pion π^+ và π^- (hai vòng cung) và một J/Ψ; hạt này lại phân rã thành 1 electron (e^-) và positron (e^+) (đường thẳng). Ψ' được hình thành từ sự tiêu hủy của 1 electron và 1 positron va chạm nhau trong trung tâm của máy dò. Ảnh giống như kí tự psi Ψ của Hi Lạp, một sự trùng hợp đáng ngạc nhiên. Hạt J/Ψ nay đã tự viết tên mình.

Từ đó, Mô hình Chuẩn được xây dựng trên nền tảng vững chắc: mô hình quark, cơ chế Higgs, thuyết lực điện-yếu thống nhất, thuyết lực mạnh QCD, và hai thế hệ hương vị quark và lepton. Hai lực, lực mạnh và lực điện-yếu đều có một nguồn gốc chung: thuyết Yang-Mills. Hạt Higgs chưa tìm ra, nhưng sự giả định của nó giúp cho Mô hình Chuẩn hoạt động chính xác, phù hợp hoàn hảo với thực nghiệm. Sắp tới sẽ có một loạt giải Nobel, đặc biệt cho thuyết điện-yếu thống nhất, của những công trình dựa trên giả định đó. Mô hình Chuẩn trở thành "triết học chính thống mới" của vật lí hạt, như Sheldon Glashow viết trên *The New York Times Magazine* tháng 7 năm 1976, chấm dứt tình trạng "sứ quân", và như thực tế chứng minh, sẵn sàng đương đầu với mọi thử thách của chặng đường sắp tới. Những năm 1970 là thời gian ngây ngất của vật lí hạt cơ bản, hay còn được gọi là vật lí năng lượng cao, bởi tất cả các thí nghiệm trong các máy gia tốc đều sử dụng năng lượng cao mới khám phá ra các hạt cần được kiểm chứng. Những hoạt động cho 10 năm tới nhằm làm rõ đường nét của Mô hình Chuẩn theo một đường thẳng như chờ đợi. Cấu trúc nguyên tử xem như hoàn toàn được giải mã.

Nếu đầu năm 1964 các hadron còn được tin rộng rãi là những hạt cơ bản, tương tác mạnh với nhau, với kích thước khoảng 10^{-15}, thì cuối 1970, hadron được xem là những hạt hỗn hợp của các quark u và quark d, kết nối lại bằng lực mạnh của các gluon (meson hỗn hợp của quark và phản quark). Đó là

một sự thay đổi trọng đại trong sự hiểu biết các hadron đã diễn ra. Lực mạnh của năm 1964 được hiểu ra là phần thặng dư của các lực QCD mạnh hơn nhiều giữa các quark và gluon trong các hadron và meson (một loại lực Van der Waals của hadron)[85]. Cuộc "cách mạng" của Mô hình Chuẩn có thể được xem đã diễn ra đúng hai thập kỉ từ 1964 đến 1984. Những năm 1980 Mô hình Chuẩn bước vào giai đoạn "khoa học bình thường", một từ ngữ của T. Kuhn trong *Cấu trúc của các cuộc cách mạng khoa học*. Mô hình Chuẩn là một cuộc *cách mạng tiến hóa*, vì nó không phủ nhận những nền tảng vật lí hiện đại của đầu thế kỉ 20 là thuyết tương đối và thuyết lượng tử, mà được xây dựng trên đó.

Mô hình Chuẩn đã trả lời câu hỏi 2.500 năm trước của Democritus: các nguyên tử chính là các hạt quark và lepton tạo nên vật chất. Khái niệm *khối lượng* của Newton trong *Principia* ba thế kỉ rưỡi trước giờ đây đã được giải mã, tiếp theo sau sự giải mã khái niệm lực hấp dẫn bởi Einstein đầu thế kỉ 20 với thuyết tương đối rộng. Tài khoản nợ của Newton giờ đây đã được thanh lí. Hơn thế nữa, quan niệm nguyên tử là những thực thể *cơ giới* (mechanical), như những quả bóng da, kéo dài từ Democritus cho đến thời Maxwell, Boltzmann của cuối thế kỉ 19, được thay thế bằng quan niệm các hạt cơ bản là những thực thể *lượng tử* với bản thể nhị nguyên vừa sóng vừa hạt và tuân thủ các định luật lượng tử.

Giữa thế kỉ 20, nhà vật lí học Mĩ Richard Feynman đánh giá tầm quan trọng của *giả thuyết nguyên tử* trong bộ sách *The Feynman Lectures on Phycics* như sau:

> Nếu, trong một đại hoạ nào đó của nhân loại, tất cả tri thức khoa học bị phá huỷ, và chỉ còn một câu duy nhất được truyền tụng cho đời sau của con người, thì nội dung nào sẽ chứa đựng nhiều thông tin nhất với số chữ ít nhất? Tôi tin đó là *giả thuyết nguyên tử*... rằng *mọi vật được làm bằng các nguyên tử - những hạt nhỏ chuyển động xung quanh không ngừng, hút lẫn nhau nếu cách xa nhau một khoảng cách nhỏ, nhưng đẩy nhau nếu bị dồn nén gần nhau* (1963).[86]

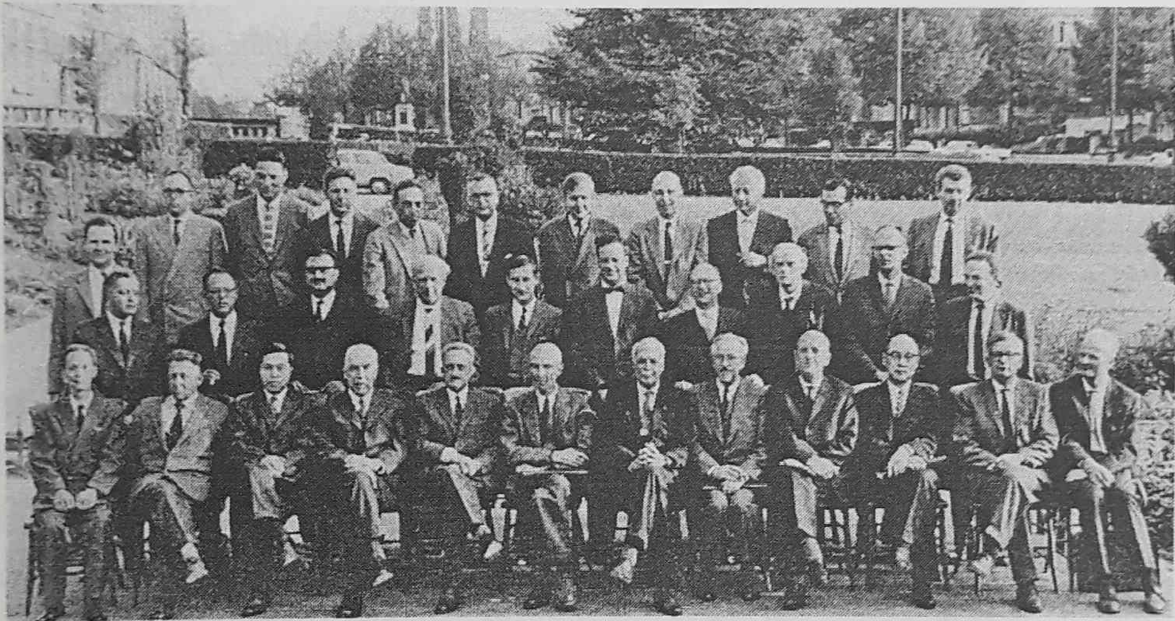
---

[85] Hoddeson et al., 21.

[86] Feynman 1963, 1-2.

Cuộc cách mạng của Mô hình Chuẩn có thể cho phép nói thêm: Mọi sự vật được làm bằng các hạt cơ bản có tên quark, lepton, và các hạt boson truyền lực cũng như quản lí chúng, cộng thêm một hạt Higgs mà sự tồn tại của nó rất là tự nhiên, hữu cơ, để tạo ra khối lượng cho các hạt cơ bản, và từ đó khối lượng của vật chất thấy được của toàn vũ trụ.

***



Hội nghị Solvay 1961 của nhiều thế hệ hai nửa thế kỉ 20. Từ trái sang phải, Hàng thứ nhất: S. Tomonaga, W. Heitler, Y. Nambu, N. Bohr, F. Perrin, R. Oppenheimer, Sir W. Bragg, C. Møller, C. Gorter, H. Yukawa, R. Peierls, H. Bethe. Hàng thứ hai: I. Prigorin, A. Pais, A. Salam, W. Heisenberg, F. Dyson, R. Feynman, L. Rosenfeld, P. Dirac, L. van Hove, O. Klein. Hàng thứ ba: A. Wightman, S. Mandelstam, G. Chew, M. Goldberger, G. Wick, M. Gell-Mann, G. Källen, E. Wigner, G. Wentzel, J. Schwinger, M. Cini (Nguồn: Schweber 2008, 311).

PHẦN III

Vật lí lí thuyết là đi tìm tính đơn giản [...] Các lí thuyết tốt nhất của chúng ta về thế giới vật lí xem ra phức tạp và khó khăn, bởi vì chúng là đơn giản một cách thâm sâu.

Frank Wilczek[87]

VẺ ĐẸP CỦA MÔ HÌNH CHUẨN

Mô hình Chuẩn được xây dựng trên tính chất *bất biến*, hay *đối xứng chuẩn định xứ* như đã được nói ở trên. Tính chất này có thể được "diễn nôm" như sau. Giả sử chúng ta không biết *lực* nào chi phối, nhưng biết một hạt vật chất mang một loại *tích* (charge, như electron mang điện tích chẳng hạn), thì để có một lí thuyết trường lượng tử nhất quán, hai điều phải đúng thật. *Thứ nhất*, phải có một boson mới (như photon trong trường hợp chúng ta); boson này là *lượng tử* của một trường (lượng tử) mới. *Thứ hai*, tương tác được truyền tải bởi boson này là một *lực mới* (trong trường hợp là lực điện từ). Do đó nếu biết *electron* tồn tại, thì lí thuyết đòi hỏi phải có *photon* tồn tại, và dạng của *lực điện từ* có thể được tiên đoán. Đó là tính chất của *lí thuyết chuẩn* (gauge theories) hay bất biến chuẩn định xứ. Tức là, nếu ta biết có electron tồn tại với điện tích, thì sự tồn tại của photon, hay ánh sáng, và lực điện từ là hệ quả tất yếu lí thuyết chuẩn đòi hỏi. Do đó mệnh lệnh "Hãy cho ánh sáng" (Let light be) của Kinh Thánh có thể được thay thế bằng "Hãy cho các đối xứng định xứ!". Một khi chúng ta biết vài hạt mang tích yếu, thì sự tồn tại của các boson W^+, W^- và Z^0 mang lực yếu và các tính chất của chúng được tiên đoán. Khi chúng ta biết rằng các quark mang sắc tích, sự tồn tại của gluon mang lực mạnh và các tính chất của chúng được tiên đoán. Khi chúng ta biết các quark, lepton hay những hạt mới nào đó mang một loại tích mới, thì chúng ta biết rằng các boson mới tương ứng có spin 1 sẽ tồn tại.[88]

---

[87] Wilczek 2013, 36 và Wilczek 2008, 135.

[88] Kane 1996, 67-68.

Còn một tính chất khác: Nếu các quy luật nền tảng của tự nhiên không thay đổi khi những hạt bề ngoài khác nhau được hoán đổi cho nhau trong các phương trình (bất biến chuẩn nói trên) thì điều đó giúp chúng ta có một số tiên đoán nhất định. Nếu người ta đã tìm thấy một hạt được cho là thuộc về cặp có thể hoán đổi được, thì hạt kia phải tồn tại. Các hạt quark duyên và hạt quark đỉnh đều được tiên đoán tồn tại bằng lí luận này, và được tìm thấy bằng thí nghiệm với những tính chất được dự đoán.[89]

Các tiên đoán tồn tại của W^+, W^-, Z^0 và gluon, cùng những tính chất của chúng, được đưa ra trong giai đoạn 1971-1973. Sau đó năm 1979 các gluon được khám phá, với những tính chất chính xác như tiên đoán, ở phòng thí nghiệm Đức DESY, Hamburg. Năm 1983 các boson W^+, W^- và Z^0 được khám phá, với các tính chất chính xác của chúng, tại trung tâm nghiên cứu CERN. Sự tiên đoán và khám phá ra những hạt này được xem là thành tựu xuất sắc của trí tuệ con người. Các tiên đoán đều dựa trên lí luận toán học thuần túy. Một lần nữa, *toán học* là một công cụ cực kì quan trọng trong khám phá vật lí để nhìn thấu thế giới sâu kín bên trong của vật chất.

THẾ GIỚI HẠT KÌ BÍ

Các quark tuân thủ những quy luật của cơ học lượng tử. Sẽ là sai lầm nếu chúng ta nghĩ chúng đơn giản chỉ là những hạt tí hon. Đúng hơn, chúng là những "wavicles", "sóng-hạt", có tính cơ học lượng tử. Chúng chịu sự chi phối đặc biệt của nguyên lí bất định Heisenberg, rằng nếu bạn muốn biết vị trí chúng càng chính xác, thì xung lực (momentum) của chúng sẽ càng bất định hơn, và ngược lại.

Những gì xảy ra thường xuyên ở thế giới hạt là cực kì thú vị và bất ngờ. Bạn có thể tưởng tượng điều sau đây ở thế giới đời thường không: đập hai chiếc đồng hồ Thụy Sĩ thật mạnh, bằng cách cho chúng lao vào

[89] Kane 2013, 34-34.

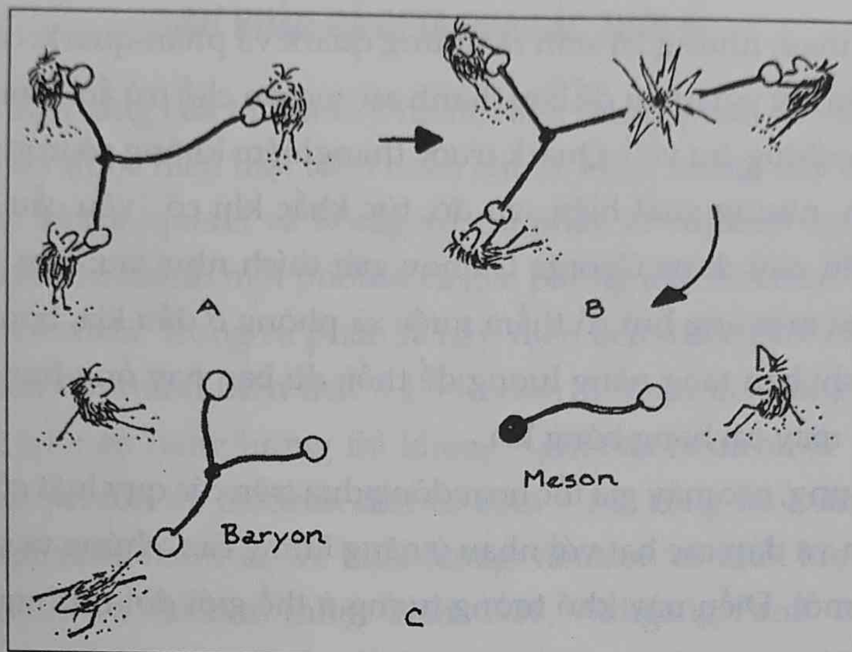
nhau với tốc độ cực lớn, không phải chúng bị giập nát thành những mảnh vụn, mà kết quả bạn sẽ nhận được là một chuỗi đồng hồ Thụy Sĩ, có thể cùng hay khác hiệu, thêm vào đó đồng hồ Seiko, và sô cô la Thụy Sĩ chẳng hạn. Tương tự, hai trái dâu tây được gia tốc và cho va đập nhau, kết quả có thể là những trái chuối, hạt hazelnut, trái lê, tạo, waldnut v.v.[90] Đó là những điều xảy ra thường xuyên trong các máy gia tốc, cơ sở để khám phá các hạt.

Ảnh dưới đây minh họa sinh động một trong nhiều tính chất đặc biệt của quark. Cơ thể chúng ta chứa đầy quark và electron. Một người có trọng lượng 75 kg chứa khoảng $7.0x10^{28}$quark up, $6.5x10^{28}$ quark down, và $2.5x10^{28}$ electron.[91] Vì sao các quark không thoát khỏi cơ thể của bạn? Vì tính chất giam (confinement). Chúng bị các gluon của lực mạnh thường xuyên tác động giữ lại trong các "nhà tù hồng ngoại", tức proton và neutron của các nguyên tử trong cơ thể bạn.

Nếu bạn muốn thử, cố sức kéo ba hạt quark cho đứt ra, thì sẽ trải nghiệm điều sau đây: năng lượng bạn đưa vào sẽ biến thành một quark và phản hạt mới (màu đen), hai hạt này ngay lập tức tập hợp lại thành một hạt meson như một nhà tù hồng ngoại mới của hai quark, một quark khác sẽ xuất hiện tức thì để thay thế, y như ba quark ban đầu vẫn nguyên vẹn. Một điều huyền diệu! Quark không bao giờ xuất hiện tự do ngoài các nhà tù hồng ngoại. Thực tế, nếu chúng tự do, thì chúng ta sẽ không tồn tại.

[90] Genz, 210.

[91] Fritzsch, 301.



Minh họa kéo ba quark từ một baryon ra (A). Khi quark bị đứt (B), nó cặp đôi với một hạt phản hạt khác tức thì đến từ chân không để làm thành một meson, và một quark khác xuất hiện để thay thế nó và làm cho baryon trở lại như cũ (Nguồn: Zee, *Fearful Symmetry*, 183).

Tương tự, khi ta sử dụng đủ năng lượng để bức một meson gồm một quark và phản quark ra, một hạt phản quark từ hư vô xuất hiện để kết với quark đang có tức khắc, và ngược lại có một quark, cũng từ hư vô xuất hiện để kết với phản quark đang có tức khắc. Do đó, ta không thể có một quark và phản quark riêng lẻ, mà cuối cùng có hai cặp meson. Giống như khi người ta muốn kéo hai đầu một sợi dây cho đứt ra, cứ kéo và kéo, nhưng cuối cùng khi năng lượng kéo đủ mạnh, sợi dây đứt ra, người ta không nhận được hai đầu của sợi dây cũ, mà là hai đoạn dây với hai đầu mỗi đoạn.[92]

QUARK ĐẾN TỪ "HƯ VÔ"

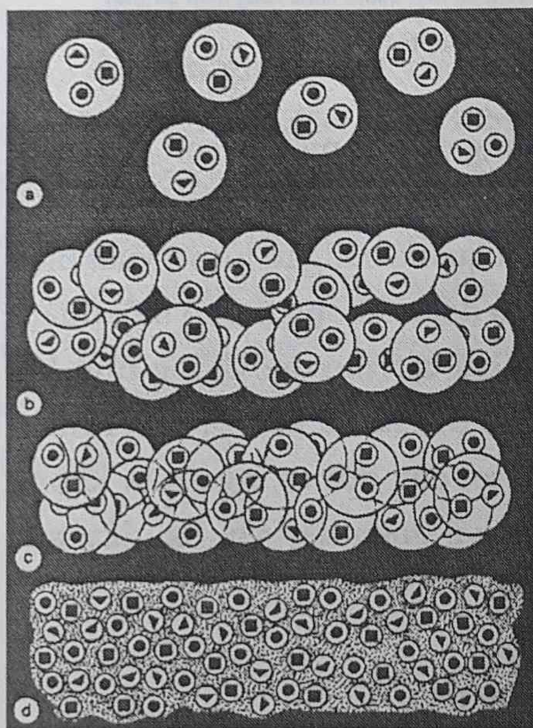
Đây là một tính chất lạ khác: quark đến từ hư vô, như chúng ta thấy ở trên. Cho hai hạt electron và positron, phản hạt của nó, đâm vào nhau ở tốc độ gần bằng ánh sáng, chúng sẽ tuân theo nguyên lí của hạt-phản hạt mà

---

[92] Weinberg 1994, 183-84.

thiêu hủy nhau, nhưng lại sinh ra những quark và phản-quark, các hạt này tức khắc liên kết với nhau để làm thành các meson chỗ trú ẩn. Quark đến từ đâu? Từ "nothing-hư vô". Quark trước thí nghiệm không có trong electron và positron, nhưng xuất hiện sau đó, tức khắc khi có "yêu cầu" của tình huống. Điều này được George Gamov giải thích như sau: bạn thổi bong bóng từ đầu một ống hút có thấm nước xà phòng ở đầu kia, bong bóng sẽ xuất hiện khi bạn tăng năng lượng để thổi, dù bạn hay ống hút không hề chứa trước mấy cái bong bóng kia.

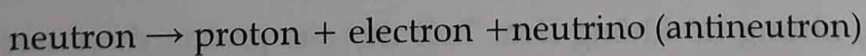
Nói chung, các máy gia tốc hoạt động dựa trên các quy luật của thế giới vi mô: đem va đập các hạt với nhau ở năng lượng cao, chúng ta sẽ có được nhiều hạt mới. Điều này khó tưởng tượng ở thế giới đời thường như vừa nói!



Plasma quark-gluon. Một nuclon - proton hay neutron - bao gồm ba quark (a). Các tính chất tương tác không cho phép chúng xuất hiện riêng lẻ. Đó là sự *nô lệ hồng ngoại*, một tên gọi thi vị. Bên trong các nhân nguyên tử, các proton và neutron được nén chặt, nhưng chúng thường không chồng lên nhau (b). Nếu chúng chồng lên nhau đủ nhiều, các quark có thể làm thành một đơn vị duy nhất bao gồm nhiều hơn ba quark như thông thường. Trong một số sao cực kì đặc, sức hút hấp dẫn nén vật chất lại đến độ các nuclon của chúng ít nhất chồng lên nhau một phần (c). Điều này xảy ra trong các sao neutron, các sao này chứa một khối lượng bằng mặt trời trong một quả cầu bán kính chỉ 10km. Khi các quark chồng lên nhau, chúng có thể tạo thành một plasma quark-gluon (d). Trước khi có các hạt hình thành mà ngày nay chúng ta thấy, tất cả vật chất của vũ trụ trong vũ trụ sơ kì phải đi qua giai đoạn này của xúp quark-gluon. Ảnh trên cho thấy chỉ còn quark. Nếu những tiên đoán lí thuyết đúng, thì con người có thể tạo ra loại plasma này trong phòng thí nghiệm trong thời gian vài năm tới (*Nguồn*: Genz, 241).

SỰ PHÂN RÃ BETA QUA CÁC THỜI KÌ

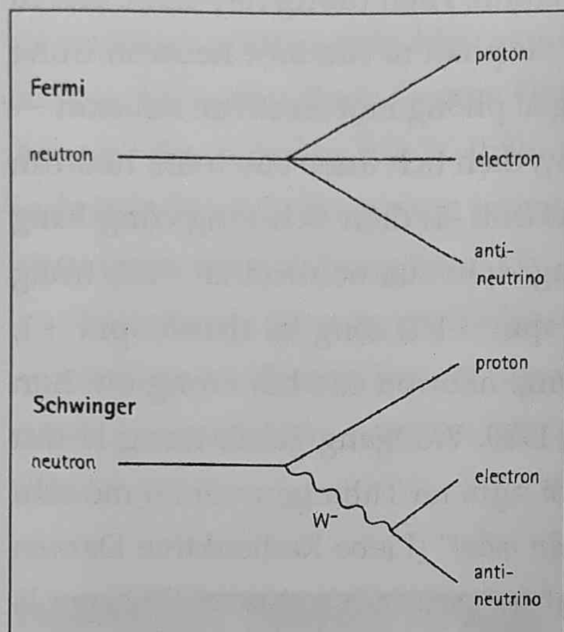
Dưới ánh sáng của Mô hình Chuẩn, hiện tượng phân rã beta *(β)* gây ra phóng xạ đã được hiểu một cách hoàn chỉnh. Hiện tượng này được biết từ cuối thế kỉ 19 (Becquerel và Röntgen). Sự phân rã của một neutron trong nhân nguyên tử thành một photon và giải phóng một electron: neutron → proton + electron. Trong sự phân rã này, điện tích được bảo toàn: neutron có điện tích 0, proton điện tích +1, electron -1, điện tích tổng cộng bằng 0. Nhưng *spin* và năng lượng thì không: spin của neutron là +1/2, trong khi hai hạt proton và electron đều có spin +1/2, cộng lại thành spin +1, lớn hơn spin của neutron. Về khối lượng: neutron có khối lượng lớn hơn so với proton và electron (nhẹ). Năm 1930, Wolfgang Pauli, trong lá thư gửi cho một nhóm các nhà vật lí dự hội nghị tại Tübingen với lời mở đầu hóm hỉnh: "*Quý ông quý bà phóng xạ thân mến!*" (Liebe Radioaktive Damen und Herren), đã gợi ý phải có một hạt mới trung hòa *tồn tại* (ông gọi là "neutron"), có spin 1/2 và chuyển động với vận tốc nhỏ hơn ánh sáng, nghĩa là có khối lượng nhỏ như electron, để tái lập định luật bảo toàn. Vài năm sau, năm 1933, Enrico Fermi, người kế nghiệp của Galileo Galilei, nghiên cứu hiện tượng phân rã beta một cách có hệ thống và công bố lí thuyết đầu tiên về tương tác yếu của các hiện tượng này, giải thích hạt bị thiếu, đặt tên cho hạt bí mật này là neutrino (có ý nghĩa hạt trung hòa nhỏ, tiếng Ý, do Fermi đặt, để phân biệt với các hạt neutron lớn và nặng hơn của Chadwick; trong trường hợp này là một anti-neutrino) [Có điều khi Fermi gửi bài đến *Nature* thì bị từ chối, vì những người đánh giá cho rằng đó chỉ là những "speculation". Fermi sau đó gửi đăng trên một tạp chí của Ý]. Thực tế neutrino rất nhẹ, có khối lượng nhỏ hơn một phần triệu khối lượng của electron. Fermi đưa ra một lí thuyết định lượng cho tương tác yếu của các hạt trong đó có neutrino. Phương trình phân rã của beta sẽ là:

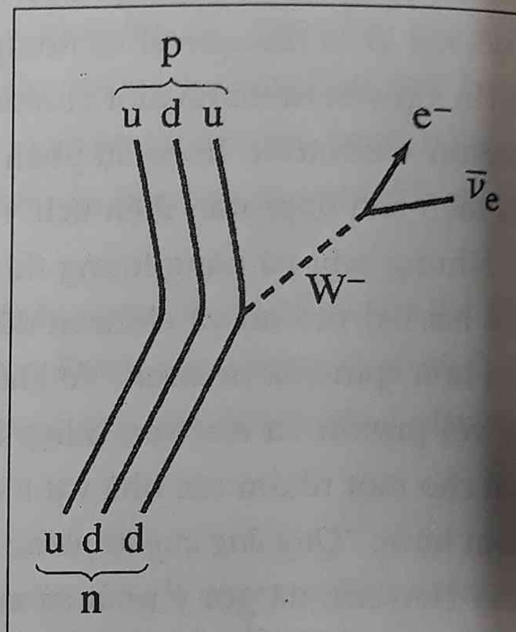

neutron → proton + electron +neutrino (antineutron)

Đến năm 1956 C. Cowan và F. Reines mới tìm thấy neutrino trong các lò phản ứng hạt nhân.

Quá trình phân rã được minh họa sau đây qua ba giai đoạn. Với Mô hình Chuẩn, sự phân rã được hiểu trọn vẹn: một quark *d* của neutron được

chuyển hóa thành một quark *u* thông qua tương tác của lực yếu (W) và cho ra một electron và một phản-neutrino:





Những năm 1930, theo Pauli, Fermi, một neutron phân rã *trực tiếp* thành một proton, một electron và một phản-neutrino. Đến lượt Schwinger những năm 1950 cho rằng một boson W^- có điện tích được phát ra từ neutron, sau đó boson này phân rã thành một electron và một phản-neutrino. Schwinger có lí, nhưng ông chưa hiểu hết sự chuyển hóa thâm sâu bên trong. Giờ đây, theo Mô hình Chuẩn, cũng là theo cách hiểu của Gell-Mann, chúng ta biết neutron được cấu tạo bởi ba quark *udd*; một quark *d* của nó đã biến thành một quark *u* khiến cho neutron trở thành proton, đồng thời sự thay đổi đó sinh ra một boson W^-, nó phân rã tiếp thành một electron và phản-neutrino ($\overline{\nu}_e$) (Nguồn: Carroll, 230, và Giancoli, 907).

Cần nói thêm: sự phân rã của một neutron để biến thành một proton chỉ diễn ra đối với neutron tự do. Còn trong nhân nguyên tử, trước sự xuất hiện của proton, sự phân rã này hầu như không xảy ra, dưới "áp lực" của proton trong nhân. Một proton có thể phân rã thành một positron và meson, nhưng nó không làm. Tuổi thọ của proton được ước tính 10^{29} năm[93]. Trên mặt trời, trong những điều kiện nhiệt độ và lực hấp dẫn cao,

---

[93] Fritzsch, 202.

các proton được lực yếu biến thành helium, một quá trình giải phóng năng lượng làm cho mặt trời chiếu sáng.[94]



Wolfgang Pauli (1900-1958)

Pauli nổi tiếng là một thần đồng. Năm 21 tuổi ông hoàn thành luận án tiến sĩ và được đề nghị viết tác phẩm *Thuyết tương đối* cho bộ "Enzyklopädie der Mathematischen Wissenschaften", được Springer xuất bản thành sách gần 300 trang. Einstein bình luận: "*Ai đọc tác phẩm quy mô và già dặn này đều không thể tin rằng tác giả là một thanh niên 21 tuổi.*" Năm 1925, mới 25 tuổi, Pauli đưa ra "nguyên lí loại trừ" quan trọng cho thuyết lượng tử: hai hạt fermion (có số spin bán nguyên) giống nhau không thể chiếm đồng thời cùng một trạng thái lượng tử. Nguyên lí này như chiếc "la bàn" trong vật lí tượng tử. Nhưng mãi đến năm 1945, tức sau đúng 20 năm, công trình của ông mới được trao giải Nobel! Ông rất "hãnh diện" được Paul Ehrenfest gọi là "Người phê phán không thương tiếc của Chúa".

[94] Close 2004, 84.

CON NGƯỜI LÀ SẢN PHẨM CỦA BẤT ĐỐI XỨNG

Nếu đối xứng là vĩ đại, thì bất đối xứng cũng vĩ đại không kém.

Lisa Randall[95]

> Đối với mỗi phép đối xứng của một định luật vật lí (hay mỗi bất biến của định luật đối với một nhóm) có một đại lượng quan sát được nào đó được bảo toàn.
>
> Định lí Noether, 1918

Chúng ta đang sống trong thế giới đầy đối xứng nhưng cũng đầy bất đối xứng. Đối xứng là một điều kì bí của tự nhiên. Bất đối xứng lại càng kì bí hơn. Nửa đầu của thế kỉ là giai đoạn của những khám phá phép đối xứng trong vật lí. Nhà nữ toán học Đức gốc Do Thái Emmy Noether là người đầu tiên khám phá ra mối quan hệ sâu sắc giữa định luật bảo toàn các đại lượng vật lí như năng lượng và động năng (momentum), và sự bất biến của các định luật mô tả chúng đối với một số phép biến đổi đối xứng liên tục. Hermann Weyl, nhà toán học Đức cùng thời với Einstein, dưới ảnh hưởng của Noether và Einstein, đi đến kết luận rằng các định luật bảo toàn có liên quan đến các phép biến đổi định xứ mà ông gọi là: *đối xứng chuẩn* (gauge symmetry), cái tên sau này được sử dụng rộng rãi trong vật lí hạt. Thuyết tương đối của Einstein đã gây được sự chú ý mạnh mẽ về tính đối xứng trong các định luật vật lí. Đến những năm 1950 đối xứng được nhận thức sâu xa hơn trong vật lí hạt. Các định luật vật lí thường tuân theo các phép đối xứng, và các phương trình thể hiện chúng cũng thế.

Nhưng nếu các phép đối xứng được tuân theo một cách *hoàn hảo*, nghĩa là *tuyệt đối*, thì thế giới có thể không còn nhiều thú vị nữa, và chúng ta có thể cũng không tồn tại. Nếu vũ trụ có đúng số lượng electron âm và phản hạt của nó, thì chắc chắn vật chất không tồn tại, bởi hai thứ đó triệt tiêu nhau từng cặp, chẳng còn electron nào để thành lập nguyên tử cả. Dường như, theo Andrei Sakharov, phá vỡ đối xứng nói trên là nguồn gốc của sự

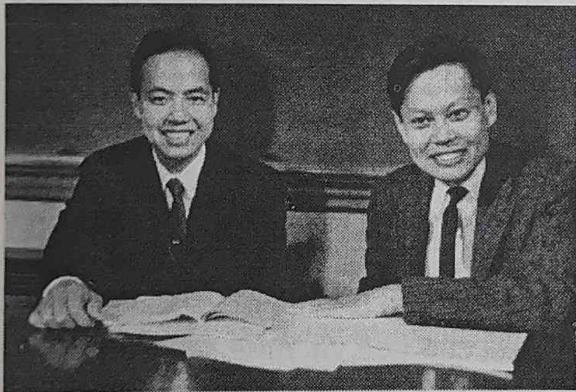
---

[95] Một chuyên gia nữ nổi tiếng về vật lí hạt, thuyết dây và vũ trụ học, của Đại học MIT và Harvard.

phá vỡ đối xứng hạt-phản hạt, dẫn tới ưu thế của vật chất đối với phản vật chất.[96]

Năm 1952, George Wald hỏi Einstein tại sao chỉ có các electron mang điện tích âm tồn tại trong vũ trụ mà không có những electron điện tích dương, những phản vật chất của electron? Einstein trả lời, "cứ mỗi tỉ phản hạt vật chất có một tỉ lẻ một hạt vật chất. Khi tất cả sự hủy diệt chấm dứt, hạt thứ một tỉ lẻ một còn lại. Nó tạo ra vật chất trong vũ trụ của chúng ta: tất cả thiên hà, tinh tú, hành tinh và tất cả sự sống". Wald đáp lại: "Đó chính là điều tôi cũng đã nghĩ về acid amino thuận tay trái."[97]

Chúng ta sống trong một thế giới *bất đối xứng*, ở đó nhiều đối xứng xuất hiện trong các phương trình, nhưng bị phá vỡ trong thực tế. Sự tồn tại của chúng ta là hệ quả của sự phá vỡ đối xứng.



Tsung-Dao Lee (trái) và Chen Ning Yang. Yang ban đầu học vật lí thực nghiệm, nhưng vụng về. Người ta có câu: *Ở đâu có bang* (tiếng nổ)/ *Nơi đó có Yang*. Không thành công, ông chuyển sang nghiên cứu lí thuyết và đã thành công tuyệt vời (Nguồn: Baggott 2011).



Madame Chien-Shiung Wu (1912-1997), người đầu tiên chứng kiến hiện tượng "Chúa thuận tay trái". Chụp chung với Wolfgang Pauli (Sègre, 259).

---

[96] Gell-Mann, 196.

[97] Brian, 141.

Nửa sau của thế kỉ 20 được chiếm ngự bởi *bất đối xứng*. Thời điểm đánh dấu bước ngoặt là năm 1956 khi hai nhà vật lí trẻ gốc Trung Hoa Tsung-Dao Lee, Chen Ning Yang cùng với bà Chien-Shiung Wu làm sụp đổ đối xứng gương trong chớp mắt, và thành kiến của cộng đồng vật lí cũng sụp đổ. Các trạng thái nguyên tử có một tính chẵn lẻ (P, parity) xác định, có nghĩa là ảnh gương của một hàm số sóng, bằng cách đảo ngược dấu của tất cả các tọa độ, cũng là hàm số sóng như thế, trừ dấu. Dấu cộng tương ứng với đối xứng gương chẵn, dấu âm với đối xứng gương lẻ. Người ta quan sát thấy tính chẵn lẻ này được bảo toàn qua phép đối xứng gương, trong tương tác điện từ, nghĩa là bất biến đối với phép phản chiếu (reflection). Lực mạnh bảo toàn phép đối xứng gương. Người ta giả thiết rằng sự bảo toàn đối xứng gương là một tính chất phổ biến trong tự nhiên. Năm 1956, sau khi tính toán vất vả nhiều tuần liền, Yang và Lee công bố một bài báo tiên đoán sự bất đối xứng gương trong các hiện tượng vật lí tương tác yếu, và cho rằng *tất cả những thí nghiệm trước đây về sự phân rã beta (b-decay) là quá đơn giản để có thể kiểm tra tính bảo toàn đối xứng*. Hai ông đề nghị một số thiết kế thí nghiệm để thử. Pauli cho rằng ông không tin "Chúa thuận tay trái yếu", và ông sẵn sàng "cược một số tiền lớn, rằng thí nghiệm sẽ đem lại kết quả phân bố góc đối xứng của các electron".[98] Julian Schwinger cũng tin rằng đối xứng gương sẽ được bảo toàn. Còn Feynman thì cược 50 Đô la rằng kết quả của Lee và Yang sẽ không đem lại sự phá vỡ đối xứng gương. Nhiều nhà vật lí tên tuổi khác cũng không tin chút nào. Họ đều là những con chim phượng hoàng trong ngành vật lí.

Bà Wu đành phải để chồng một mình về thăm Trung Hoa sau 20 năm xa cách để ở lại thực hiện cuộc thí nghiệm lịch sử. Với bàn tay vàng của một chuyên gia thí nghiệm về lực yếu, bà Wu và các cộng sự viên đã thực hiện thí nghiệm trên vật liệu cobalt 60 và thấy kết quả chứng minh không thể chối cãi rằng các electron bị bắn ra theo hai hướng không đối xứng, như theo yêu cầu của định luật bảo toàn spin. Sự phân rã beta dưới tác dụng của lực yếu (W^-) thích các electron thuận tay trái hơn các electron thuận tay phải![99] "Tôi kể cho giáo sư Lee rằng sự bất đối xứng được quan sát là có thể tái tạo

---

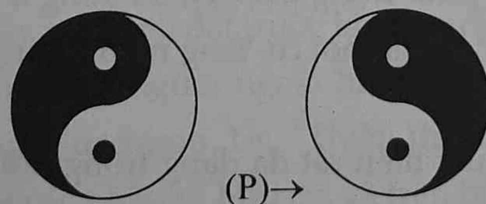
[98] Tung-Mow Yan, "Professor C. N. Yang's impact on physics", tr. 453 trong Liu & Yau.

[99] Schumm, 312-313.

được, và lớn lắm", bà Wu kể lại.[100] Thế giới vật lí bàng hoàng. Schwinger đã nói với các thành viên nhóm hoạt động của ông: "Gentlemen, chúng ta hãy cúi mình trước (ý muốn của) Tự nhiên"[101]. Sự bứt phá này được gọi là "*cuộc cách mạng vinh quang*" (Glorious Revolution), mượn tên của cuộc cách mạng Anh 1688. Ngay năm sau, năm 1957, Lee và Yang, ở tuổi 30 và 34, được công nhận nóng giải Nobel cho sự sụp đổ đối xứng gương, là hai trong những người trẻ tuổi nhất (Heisenberg và Dirac đoạt giải lúc 31 tuổi). Dư luận rất lấy làm tiếc cho bà Wu, đôi khi được ví như một Marie Curie thứ hai, không được chia sẻ giải này. Ủy ban Nobel ở Stockholm đã tỏ ra mình "bất đối xứng", "thuận dương" hơn "đối xứng"!

Năm 1956 và 1957 đánh dấu thời "*hậu hiện đại*" trong vật lí hạt. Người ta gọi đó là một cuộc *cách mạng đối xứng gương* (parity revolution). Thượng Đế phân biệt giữa trái và phải. Thế giới từ đây như đổi khác. Tính chất này được gọi là "*thuận một tay*", *handedness*, hay *chirality* (từ tiếng Hi Lạp *chiros* có nghĩa là *tay*). Cuối cùng, các đối xứng *P*, *C* (điện tích) và *T* (thời gian) cũng bị phá vỡ. Chỉ có đối xứng liên kết *CPT* là đứng vững.

Một sự trùng hợp đáng ngạc nhiên. Biểu tượng Âm-Dương (Yin-Yang) truyền thống của Trung Hoa (được in trên quốc kì của Hàn Quốc) là một ví dụ của sự bất đối xứng gương. Trong khi đó hai biểu tượng của Kitô giáo là thánh giá và ngôi sao sáu cánh của Do Thái giáo là đối xứng toàn diện. Chẳng phải là một sự trùng hợp "định mệnh" hay sao khi hai nhà vật lí trẻ từ Trung Hoa đã khám phá ra hiện tượng bất đối xứng của vật chất?



Biểu tượng Yin-Yang bất đối xứng gương. Trong một quyển sách lưu niệm cho khách tại Khoa vật lí nguyên tử của Đại học Budapest, người ta tìm thấy Heisenberg trích Plato trong khi T.D. Lee trích Lão tử.

---

[100] Carroll 2010, 139.

[101] Bernstein, 39.

Sự kiện Lee và Yang được trao giải Nobel không những quan trọng đối với cộng đồng vật lí mà còn quan trọng cho cộng đồng người Hoa khắp nơi trên thế giới. Sau một thế kỉ bị phân rã dưới sự ngu muội của vua quan nhà Thanh, dưới sức mạnh tàu chiến và súng đạn của phương Tây, Trung Hoa có dấu hiệu phục hồi những tinh hoa của vương quốc, như phượng hoàng trỗi dậy từ đống tro tàn. Yang là một con người đầy cảm xúc, nhưng cũng rất lí trí. Bài phát biểu nhận giải Nobel của ông đầy tính nhân văn, xúc cảm và ý thức lịch sử.[102] Khi được giải Nobel, ông vẫn chưa phải là công dân Mĩ. Ông viết về sự kiện nhập quốc tịch Mĩ của mình như sau:

> Hằn sâu trong tâm lí của mỗi người dân Trung Hoa là các dấu vết của sự làm nhục và sự bóc lột mà Trung Hoa phải chịu đau khổ hơn một thế kỉ bởi một nền văn hóa một thời huy hoàng (phương Tây). Đó là một thế kỉ mà không người Trung Hoa nào có thể dễ dàng quên được. Cha tôi là Giáo sư Toán ở Bắc Kinh và Thượng Hải cho đến khi mất năm 1973. Ông lấy được một bằng Tiến sĩ (toán) ở Đại học Chicago năm 1928. Ông đi du lịch nhiều. Nhưng tôi biết, trong một góc nào đó của trái tim, ông vẫn không tha thứ tôi cho đến ngày ông mất vì cái tội tôi đã từ bỏ đất nước sinh ra tôi.[103]

Khi Yang được tôn vinh với giải Nobel, Chu Ân Lai tìm cách kéo Yang về lại Trung Quốc. Yang từ chối. Nhưng khi Kissinger trở về từ Bắc Kinh sau một chuyến đi lịch sử khai thông quan hệ Mĩ-Trung năm 1971, thì chẳng bao lâu người bạn Kerson Huang của ông nhận được lá thư bằng tiếng Hoa của Yang: "Trong giây phút trọng đại này, tôi đang ở trên chuyến máy bay hướng về Bắc Kinh."[104] Đó là thời cơ Yang muốn đóng góp cho sự hồi sinh của Trung Quốc.

Sự bất đối xứng xuất hiện rất đa dạng trong đời sống. Acid amino có thể có hai loại, thuận tay trái hay thuận tay phải. Nhưng điều đáng ngạc

---

[102] Xem bài của tác giả "Tôi là sản phẩm của cả hai nền văn hóa" viết về Chen Ning Yang trên báo *Tia Sáng*: http://tiasang. com. vn/Default. aspx? tabid=62&News=4129&CategoryID=2.

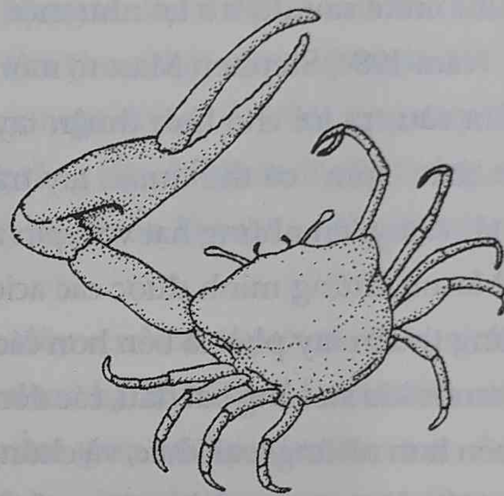
[103] Kerson Huang 1995, 165.

[104] Kerson Huang 1995, 165.

nhiên là tất cả protein trong thực vật và động vật trên hành tinh của chúng ta, từ những sinh vật đơn giản nhất đến phức tạp nhất, đều được làm từ các acid amino thuận tay trái. Từ đây, DNA có cấu trúc thuận tay phải. Các phân tử đường từ mía chỉ chứa loại thuận tay phải, và vi khuẩn chỉ ăn loại này. Nếu bỏ chúng vào dung dịch đường nhân tạo chứa cả hai loại phân tử thuận tay trái và thuận tay phải, thì chúng chỉ ăn loại phân tử thuận tay phải và chừa lại loại thuận tay trái, theo lời kể thú vị của Feynman.[105]



"Một sự trùng hợp làm sao! Tớ cũng thuận tay trái đây." (Nguồn: Gardner, 84)



Con cua kéo đàn. (Nguồn: Gardner, 67)

Người ta cho rằng khả năng thuận tay trái của acid amino xuất phát từ các hành tinh khác, lây sang trái đất trước khi có sự sống trên trái đất, nghĩa là con người là bà con của người ngoài hành tinh. Năm 1969 một thiên thạch rơi xuống vùng Murchison, Úc. "Thiên thạch Murchison" này chứa một số lượng đặc biệt các phân tử hữu cơ, và trên hết, các acid amino trong đó đều là loại thuận tay trái.[106]

---

[105] Sample, 86 hay Feynman 1967, 99.

[106] Close 2000, 75. Cuốn sách này và cuốn của Martin Gardner là hai quyển bàn rất sâu rộng và thú vị về đề tài tính thuận một tay, bất đối xứng trong đời sống.

Sự thuận-nghịch trái, phải đôi khi có hệ quả khôn lường. Trong một sự kiện khủng khiếp liên quan đến thuốc thalidomite những năm 1960 nhằm giảm chứng bệnh buồn nôn buổi sáng ở những phụ nữ mới đậu thai, hơn 10.000 đứa trẻ sinh ra đã bị dị tật. Loại thuốc được làm bằng cả hai loại phân tử thuận tay trái và thuận tay phải, nhưng các nhà khoa học sau đó biết rằng chỉ một dạng trong đó trị đúng bệnh, trong khi dạng kia gây ra sự biến dạng, có lẽ nó đã tác động vào gene của thai nhi.[107] Ngày nay người ta đã hiểu nhiều về tính thuận một tay trong ngành bào chế dược phẩm. Thalidomite sau đó trở lại như một phương tiện điều trị bệnh hủi.

Năm 1984, Stephen Mason, một nhà hóa học tại King's College London, đi tìm câu trả lời cho tính thuận tay trái. Các hạt như electron và quark có tính chất "spin" có thể thuận tay trái hay thuận tay phải. Lực truyền bởi Z chỉ tác động lên những hạt với spin thuận tay trái. Nếu chú ý đến yếu tố này thì Mason chứng minh được các acid amino là thuận tay trái và các phân tử đường thuận tay phải là bền hơn các bản sao đối xứng gương của chúng. Có thể trước khi sự sống bắt đầu, các dòng trung hòa đã làm cho một số loại phân tử bền hơn những loại khác, và chúng trở thành những dạng ngự trị vũ trụ.[108]

Các dòng trung hòa cũng có thể có vai trò quyết định trong sự "giãy chết" dữ dội của các supernova (sao siêu mới). Một trong những điều kì bí của vũ trụ là vì đâu các vì sao khi đã già không lập lòe rồi tàn lụi đi, như con người, mà lại nổ tung kinh hoàng như thế? Các supernova này thải ra một năng lượng bằng mặt trời thải cả đời nó. Một sự "đau đớn" dữ dội trước khi chết. Người ta đoán rằng chính các dòng trung hòa đã làm cho supernova nổ, để sinh ra các nguyên tố nặng cần thiết cho cuộc sống như trên trái đất.[109]

Sau thuyết thống nhất lực điện-yếu, Abdus Salam vẫn còn tiếp tục suy nghĩ nhiều về vai trò của các dòng trung hòa trong cuộc sống trên trái

---

[107] Sample, 87.

[108] Sample, 86. Người ta biết rõ hơn về mức độ Z ưa thích các electron thuận tay trái hơn electron thuận tay phải (xem Schumm, 316 và 319).

[109] Sample, 85.

đất. Trong một bài diễn thuyết tại lễ kỉ niệm Paul Dirac năm 1988, ông nói: "Ngày nay có một niềm tin tăng lên rằng lực điện-yếu là 'lực của cuộc sống' đích thực, và Chúa đã cung cấp hạt Z để tạo ra tính thuận một tay cho các phân tử của cuộc sống."[110]

Có lẽ Louis Pasteur là nhà bác học đầu tiên đã linh cảm cuộc sống là hệ quả của một sự bất đối xứng (asymmetry) khi nhận thức các sự bất đối xứng gương chi phối sự sống. Năm 1860, Pasteur, người chưa hề biết đến sự biến đổi bức xạ, sự đối xứng điện-yếu, hay các hạt Z, đã có lời tiên tri: "Sự sống, như được biểu lộ trước mắt chúng ta, là sự vận hành của sự bất đối xứng trong vũ trụ, và của những hệ quả từ sự thật này. Vũ trụ là bất đối xứng. Đời sống được thống trị bởi những hoạt động bất đối xứng này." Và ông linh cảm: "Tôi còn có thể hình dung rằng tất cả loài sinh vật, trong cấu trúc và hình dạng của chúng, từ nguyên thuỷ vốn là một sự vận hành của sự bất đối xứng vũ trụ."[111]

Nếu một người ngoài hành tinh đến đây xem con người thì thấy chúng ta cũng *bất đối xứng*: hai tay, hai chân, hai tai, hai mắt, hai lỗ mũi, đối xứng nhau, nhưng chỉ có một trái tim không nằm giữa mà lại nằm bên trái.

Hiện tượng bất đối xứng vật chất-phản vật chất trong vũ trụ hiện nay vẫn còn là một vấn đề quan trọng mà chúng ta chưa hiểu hết.

Tại sao tự nhiên chỉ "gần như đối xứng" như vậy? Feynman hỏi như thế trong bài giảng cuối của tập I của *Feynman Lectures*. Ông giải thích một cách hóm hỉnh: Ở Nhật Bản có một cổng ở Neiko[112] (Nikko), đôi khi được người Nhật gọi là cổng đẹp nhất của nước Nhật, được xây dựng và chạm trổ rất công phu trên các cột, rất đối xứng nhau. Nhưng nếu ai nhìn kĩ sẽ thấy dọc theo một trong những cột, có một chi tiết được khắc ngược đầu. Nếu có ai hỏi tại sao, thì câu trả lời là, chi tiết được khắc ngược đầu có mục

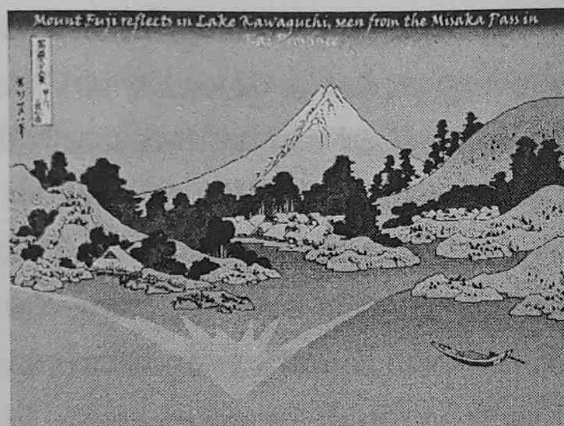
---

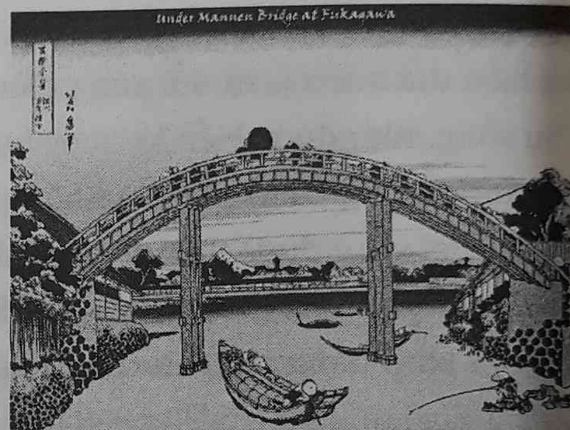
[110] Sample, 87.

[111] Close, *Lucifer's Legacy*, 253.

[112] Tác giả đã tìm cổng có tên Neiko ở Nhật Bản nhưng không thấy. TS Trương Văn Tân cho biết chỉ có cổng tên là Nikko, với nhiều chạm trổ tương ứng với mô tả của Feynman. Có lẽ Feynman đã nhầm cách phát âm gần giống nhau giữa Nikko và Neiko. Xin cảm ơn anh Trương Văn Tân.

đích để cho các thần linh không ganh tị sự hoàn hảo của con người mà giận dữ. Feynman kết luận, chúng ta có thể đảo ngược cách nói, và sự giải thích *gần như đối xứng* trong tự nhiên là thế này: Chúa đã làm các định luật chỉ *gần đúng đối xứng* thôi để chúng ta không ganh tị với sự hoàn hảo của Ngài! [113]





Hai trong nhiều bức tranh *bất đối xứng* của hội họa Nhật Bản thời Edo.
Phải: Núi Phú Sĩ soi mình dưới hồ Kawaguchi. Trái: cầu Mannen ở Fukugawa.

Thực tế, bất đối xứng là tính chất xuyên suốt của nền nghệ thuật Nhật Bản, mà cổng Nikko của Feynman chỉ là một ví dụ. Lisa Randall là tác giả thứ hai lưu ý đến tính bất đối xứng trong nghệ thuật Nhật Bản: "Nghệ thuật thường đẹp nhất khi nó không hoàn toàn đối xứng. Nghệ thuật Nhật Bản có tiếng về vẻ đẹp thanh nhã (elegance), nhưng cũng nổi tiếng về sự phá vỡ đối xứng rõ nét."[114] Thật vậy, khác với Trung Hoa là đất nước có khuynh hướng luôn tìm đối xứng, thì Nhật Bản lại có khuynh hướng đi tìm bất đối xứng, và nghệ thuật của họ nổi tiếng về sự phá vỡ đối xứng, phá vỡ hài hòa, *hacho*, hay "cân bằng bất đối xứng", như là một phong cách đặc trưng. Hacho là "phá cách", "phá điệu", tức phá vỡ sự hài hòa, đối xứng, theo từ của vật lí hạt cơ bản. Người Nhật đã diễn tả động lực phát triển và sáng tạo của mình qua *hacho* trong nghệ thuật. Nếu phá vỡ đối xứng trong

---

[113] Feynman, 52-12.

[114] Randall 2012, 267.

vật lí hạt qua cơ chế Higgs tạo ra khối lượng cho các hạt, đem lại sự sống trên hành tinh, thì một cách tương tự, hacho của Nhật Bản chính là biểu tượng của động lực sáng tạo, đem lại sức sống của dân tộc Nhật. Thật là kì diệu. Hacho có ở khắp nơi: từ thi ca, hội họa đến thiết kế, nghệ thuật tạo vườn, cắm hoa. Thơ ba câu haiku cũng là một dạng bất đối xứng, tạo cảm giác mở, chưa hết, so với thơ tứ tuyệt của Trung Hoa tạo cảm giác đã xong, hoàn chỉnh. Bất đối xứng diễn tả thế giới *động*, phát triển, không lặp lại, trong khi đối xứng diễn tả thế giới *dừng*, bão hòa và lặp lại. Như nhà văn hóa lớn Okakura Kakuzō diễn giải, dưới ảnh hưởng của Zen và Lão giáo, sự hoàn hảo (đối xứng) là "*quá trình* qua đó hoàn hảo được tìm thấy hơn là đã có sẵn". Điều này giống như đi tìm chân lí quan trọng hơn là chiếm giữ chân lí có sẵn của khai sáng phương Tây (Lessing). "Tính đồng điệu (uniformity) của thiết kế (design) được xem như tai họa cho sự kích thích óc tưởng tượng", Okakura nói. "Vẻ đẹp đích thực chỉ có thể được tìm thấy bởi những ai xét về mặt tinh thần hoàn thiện được cái đang dang dở."[115] Zen, và trà đạo, nhấn mạnh đến hai nhân tố: không gian rỗng và bất đối xứng, kích hoạt óc tưởng tượng cho sáng tạo. Hai khái niệm đó cũng có vai trò trung tâm trong vật lí hạt cơ bản.

Bất đối xứng tỏa lên nét sống động, trong khi đối xứng thể hiện nét tĩnh. Đối xứng gây cảm giác tác phẩm đã hoàn thiện, chấm dứt, trong khi bất đối xứng tạo cảm giác mở ra, chuyển động, thay đổi, đi tìm và mời gọi trí tưởng tượng của người xem tham gia. Phá vỡ đối xứng tạo sự *phong phú* cho sự phát triển, sự chọn lựa *đa dạng* trong nghệ thuật, trong khi đối xứng là gò bó, đơn điệu. Vẻ đẹp của bất đối xứng là vẻ đẹp động, của đối xứng là vẻ đẹp tĩnh.

Xã hội nào nhân danh hài hòa để bảo tồn nó sẽ có nguy cơ trì trệ. Xã hội Khổng giáo là một ví dụ điển hình. Nó đã nhân danh hài hòa hoàn vũ, hài hòa giữa trời và đất và con người, giữa vua và tôi, biện minh một sự hài hòa có tính định mệnh bất di bất dịch, nên khó chấp nhận một sự "phá vỡ đối xứng" xảy ra trong lòng xã hội, tiền đề thiết yếu cho sự phát triển tiến

---

[115] Okakura, Chương IV, *The Tea-Room*.

bộ (hoặc có thể thoái hóa), đi ngược với thuyết Âm-Dương theo đó sự vật chuyển biến không ngừng. Trong khi đó, xã hội phương Tây là một chuỗi phá vỡ đối xứng ngoạn mục, từ Cổ đại Hi Lạp sang "Thời đen tối", qua Thời Trung cổ, đến Thời Phục hưng, Thời Cận đại, Thời Khai sáng, Hiện đại. Chúng ta nhớ lại câu nói của Lederman ở trên: "Như vậy, trước Higgs, chỉ có đối xứng và sự buồn tẻ; sau Higgs (có sự phá vỡ đối xứng), có đa phức và phấn kích."

PHẦN IV

Tôi yêu cầu quý vị hãy nhìn theo hai hướng. Bởi vì con đường tiến đến tri thức về các tinh tú dẫn ta đến nguyên tử; và tri thức quan trọng của nguyên tử đã đạt được qua các vì sao.

Sir Arthur Eddington, 1928

VẬT LÍ HẠT CƠ BẢN ĐỂ LÀM GÌ?

Steven Weinberg, một trong những kiến trúc sư của lực thống nhất điện-yếu của Mô hình Chuẩn, trong *The Discovery of Subatomic Particles*, cho rằng mục đích của vật lí hạt không phải và cũng không nên được nhìn như một công việc "sưu tầm bướm", tức là lên một danh mục và phân loại các loài bướm, cho dù phần lớn các loài bướm có kiếp sống "phù du" ngoài sức tưởng tượng con người, cho dù đó là những loài bướm rất đặc biệt không quan sát được trong thiên nhiên bằng mắt thường mà chỉ quan sát được trong các máy gia tốc tối tân. Mục đích của các nhà vật lí hạt là đi tìm *các định luật nền tảng* đã điều khiển cách thức mà tự nhiên hiện hữu, từ hạt dưới nguyên tử đến nguyên tử và sao trời của vũ trụ, ở cấp vĩ mô cực lớn cũng như cấp vi mô cực nhỏ. Đó cũng thuộc về hoài bão của Einstein muốn tìm kiếm bản đồ thiết kế của cả vũ trụ. "Dù thế nào, cuộc chiến đấu của Einstein cũng là cuộc chiến đấu của chúng ta. Đó là đi tìm một lí thuyết sau cùng", như Steven Weinberg viết trong *Dreams of a Final Theory*.

Thực tế, vật lí hạt cơ bản có mối quan hệ chặt chẽ và hỗ tương, một "trục liên minh" với ngành vũ trụ học (cosmology). Năm 1985, Gell-Mann đã có thể tuyên bố "vật lí hạt cơ bản, và nghiên cứu vũ trụ của thời rất ban sơ, hai ngành cơ bản nhất của ngành khoa học tự nhiên, về cơ bản đã sáp nhập lại."[116] Ban đầu vũ trụ, các đối xứng hoàn hảo ngự trị, sau đó bị rạn nứt, đối xứng bị phá vỡ, lúc vũ trụ dãn nở và nguội bớt, tạo điều kiện cho vật chất hình thành. Thế giới hôm nay và thế giới của Big Bang, có cùng một phả hệ. Weinberg mô tả thuyết điện-yếu trong mối liên hệ với vũ trụ buổi ban đầu như sau:

> Điều rất đặc biệt ở thuyết điện-yếu là các hạt (truyền lực) hợp thành một gia đình đan kết nhau chặt chẽ, với bốn thành viên: W^+, W^- (điện tích khác dấu), thành viên trung hòa Z, và thành viên thứ tư là người bạn cũ photon, người truyền lực điện từ. Chúng là bà con, được kết nối chặt chẽ bằng nguyên lí của đối xứng, theo đó chúng thật sự cùng là một thứ - nhưng đối xứng bị phá vỡ. Đối xứng đã có, trong các phương trình nền tảng của lí thuyết, nhưng không được thể hiện trong bản thân các hạt. Đó là lí do tại sao W và Z lại nặng hơn photon.[117]

Trong liên minh này, "ngành vật lí hạt cơ bản rõ ràng đã cung cấp chìa khóa cho vài hiện tượng huyền bí cơ bản trong vũ trụ học thời ban đầu...và đến lượt vũ trụ học cung cấp một loại cơ sở để kiểm tra một số ý tưởng của vật lí hạt."[118]

BỨT PHÁ TỪ "HANG ĐỘNG PLATO"

Nhìn đời bằng các lăng kính của trải nghiệm sống thường nhật thì giống như nhìn chằm chằm vào một Van Gogh qua một chai côla rỗng.

Brian Greene

"Hang động Plato" là điều kiện lao động của các nhà vật lí hạt, như Weinberg so sánh. Vật lí hạt cơ bản là một vở "đại bi kịch" Hi Lạp với nhiều

---

[116] Ferris, 336.

[117] Ferris, 337.

[118] Ferris, 337.

màn đầy kịch tính, mà mỗi giải Nobel là một đồng ca xướng lên vào lúc thắng lợi, đánh dấu thêm một cột mốc của chân lí mới được khám phá nhằm cổ vũ các khách lữ hành khai phá. "Những ai thám hiểm một thế giới mới lạ giống như những người du hành không có bản đồ; bản đồ chính là kết quả của sự khám phá. Vị trí của điểm đến đối với họ không được biết, và con đường trực tiếp dẫn tới đó vẫn chưa được thực hiện" như Hideki Yukawa mô tả. Max Born cho rằng: "Chúng ta ở trong rừng rậm và tìm con đường của chúng ta bằng cách thử và sửa sai, xây dựng con đường phía sau chúng ta khi ta tiến lên." Steven Weinberg trong diễn văn nhận giải Nobel 1976 mô tả đầy kịch tính hoàn cảnh khám phá hết sức khó khăn của các nhà vật lí thế kỉ 20, cũng như những trải nghiệm khám phá của chính ông, khi mượn ẩn dụ hang động Plato trong tác phẩm *Cộng hòa:*

> "Chúng ta ở trong một hang động như thế, bị cầm tù bởi những giới hạn về các loại thí nghiệm có thể thực hiện. Đặc biệt chúng ta chỉ có thể nghiên cứu vật chất ở vùng nhiệt độ tương đối thấp nơi đối xứng dễ bị phá vỡ tự phát khiến cho tự nhiên không hiện ra ở dạng rất đơn giản hay thống nhất. Chúng ta cũng không có năng lực ra khỏi hang động này, nhưng bằng cách quan sát lâu và chăm chú các bóng của bức tường hang, chúng ta ít ra có thể hình dung được hình dạng của các loại đối xứng, những đối xứng tuy bị phá vỡ, nhưng lại là những nguyên lí chính xác điều khiển tất cả các hiện tượng, biểu hiện của vẻ đẹp thế giới bên ngoài."[119]

Có thể ví Thượng Đế đã "phá vỡ tự phát đối xứng", một khái niệm nền tảng trong Mô hình Chuẩn, bằng chính tay Ngài. Thế giới của Ngài vốn là một tòa lâu đài được xây dựng với một sự đối xứng tuyệt đối, sau đó bị Ngài phá hủy thành "gạch vụn". Các nhà vật lí có thể được ví như các "chú kiến thông minh" bò vào đống gạch vụn, để tìm cách dựng lại bản thiết kế gốc của Thượng Đế. Vật lí mãi mãi chịu số phận sống với "hiện tượng học", như những bức tường hang động Plato. Con người bị giới hạn vào các mức năng lượng thấp một cách "đáng thương ở tầng dưới của sự đối xứng bị

---

[119] Baggott 2011, 234.

phá vỡ."[120] Nhưng sự phấn đấu của họ vì thế càng có ý nghĩa to lớn. Con người không là gì cả, chỉ là cư dân trên một hành tinh vô danh như hạt cát trong "xó" rìa của một ngân hà như bao nhiêu tỉ ngân hà khác trong vũ trụ, nhưng những gì con người đi tìm, *là tất cả*, nói như nhà thơ Đức Friedrich Hölderlin.

TỪ MÔ THỨC ĐẾN HIỆN THỰC

Toán học là cánh cửa và chìa khóa để bước vào thế giới các khoa học.

Roger Bacon (1212-1292)

Khoa học được sinh ra từ niềm tin vào sự diễn giải Tự nhiên bằng toán học, có lâu trước khi nó được kiểm chứng bằng thực nghiệm.

John H. Randall, Jr.[121]

"Phần lớn những dữ kiện khoa học được dựa trên những thứ chúng ta không thể thấy với mắt trần hay nghe với tai, hay cảm nhận bằng tay. Nhiều thứ trong đó được mô tả và dẫn dắt bằng lí thuyết toán. Cuối cùng, người ta khó phân biệt đối tượng toán học từ các đối tượng trong tự nhiên."

Shing-Tung Yau

Truyền thống tư duy của phương Tây thừa hưởng truyền thống của Hi Lạp cổ đại. Các nhà triết học Hi Lạp như Pythagoras và Plato đã nhìn thấy các vật thể đối xứng trong tự nhiên, và cho rằng những hiện tượng đối xứng là dấu hiệu của các quy luật nội tại sâu hơn trong thế giới vật chất, và cho rằng con số (number) và hình học (geometry) là chìa khóa để hiểu chúng. Họ quy thế giới thực tại về thế giới trừu tượng được xây dựng trên những mô thức toán học như những tiên đề trong hình học Euclid. Đối với trường phái Pythagoras các con số là những viên gạch nền tảng lí tưởng của thế giới, ý tưởng này được Plato chuyển từ số học sang hình học và vật lí. Plato xem ý niệm (ideas), các mô

---

[120] Zee, 254.

[121] Randall, *Making of the Modern Mind*, hay trong Morris Kline, 108.

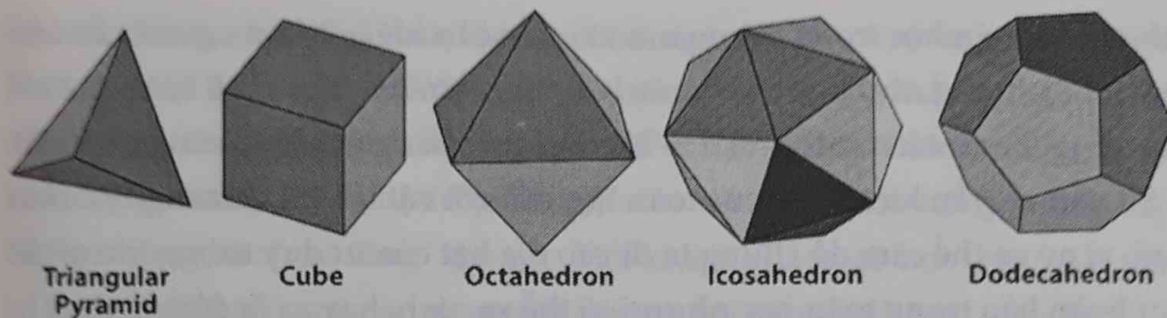
thức toán học trừu tượng (forms) là những đối tượng thực của sự nhận thức vật lí.[122]

Plato đưa ra "thuyết của mọi thứ" - thuyết vật chất bằng hình học, với hình học đóng vai trò trung tâm - diễn giải về nguồn gốc của vũ trụ trong tác phẩm đối thoại *Timaeus* (năm 360 trước CN) bằng *mô thức* (form). "Chúa hình học hóa", Plato viết. Empedocles cho rằng bốn nguyên tố tạo nên trời đất là: đất, nước, lửa và khí. Nhưng Plato đi xa hơn: ở cấp độ cơ bản nhất, các nguyên tố là những "solid", tức khối rắn, và được tượng trưng bởi những khối hình học đều, có những bề mặt là những hình *tam giác*, hoặc chứa đựng những tam giác là những hình cấu thành. Đất được cấu tạo bởi các cubes (hình lập phương); Lửa bằng các tetrahedra (khối chóp mặt tam giác, *triangular pyramid*); Không khí bằng octahedra (khối tám mặt); Nước bằng icosahedron (khối hai mươi mặt tam giác); cuối cùng vũ trụ bằng dodecahedron (khối mười hai mặt ngũ giác). Sự cấu thành từ các tam giác cho thấy các nguyên tố có thể biến đổi lẫn nhau, và tam giác là sự thể hiện của đơn vị *cơ bản*. Nghĩa là ở đáy sâu, "vật chất" là mô thức toán học thuần túy và tất cả đều được quy về hình học, về toán học thuần túy. Đó là một loại "thuật giả kim hình học". Những ý tưởng trên đã ảnh hưởng đến các nhà khoa học thời cận đại. Kepler, người đứng trên dải phân cách giữa "Trung cổ mê tín" và "Thời khoa học hiện đại" đã say đắm bởi ý tưởng đối xứng, cũng như Plato tin rằng Chúa tạo ra vũ trụ theo những nguyên lí hình học thanh nhã.

Có sự giống nhau ấn tượng giữa quan niệm tam giác như đơn vị cơ bản của các khối Plato và bộ ba quark của Gell-Mann. Gell-Mann đưa ra quark từ thuyết nhóm, một mô hình toán học, như Plato. Tại sao tự nhiên lại "tuân theo" thuyết nhóm khi các hạt của nó được sắp xếp đối xứng và hài hòa trên Bát chính đạo, hay nhóm mười hạt? Các nhà toán học đã nghĩ đến lí thuyết nhóm trên các vật thể trừu tượng từ lâu, nay chúng trở thành những mô hình của tự nhiên trong vật lí hạt. Các thuyết trường Yang-Mills, thuyết thống nhất điện-yếu, thuyết sắc động học đều là những lí thuyết toán học, mà những tiên đoán liên tiếp được kiểm nghiệm. Tự nhiên đã nghĩ đúng như con người, con người nghĩ đúng như tự nhiên.

---

[122] Genz, 69-70.



Triangular Pyramid (hay tetrahedra): Lửa. Cube: Đất. Octahedron: Khí. Icosahedron: Nước. Dodecahedron: Vũ trụ (Nguồn: Weinberg 2011).

Toán học đóng vai trò quan trọng trong khám phá sự vận hành của tự nhiên. Hai ngàn năm sau Plato, Galilei đã ví: "Quyển sách của tự nhiên được viết bằng ngôn ngữ của toán học, kí tự của nó là các tam giác, vòng tròn và các hình thể hình học khác, mà nếu không có chúng, không ai có thể hiểu được một chữ nào trong đó; không có nó người ta mò mẫm như trong một mê lộ tối tăm."[123]

Vật lí hạt nửa đầu thế kỉ 20 do các nhà thực nghiệm "chiếm sân khấu". Nhưng từ lúc Gell-Mann bước lên vũ đài, tình hình đã khác: các nhà lí thuyết chiếm lại sân khấu. Từ phát hiện các viên gạch còn thiếu trong Bát chính đạo của Gell-Mann, hầu hết các hạt được khám phá bởi thực nghiệm đều do tiên đoán của các nhà lí thuyết: các quark, các gluon, W, Z, và Higgs. Đó là những thành tựu tuyệt vời của trí tuệ con người, đúng như quan điểm mà Einstein nói với Heisenberg trong cuộc trò chuyện lịch sử tại Berlin năm 1926: *Chính lí thuyết mới quyết định cái gì người ta có thể quan sát được.*[124] *Riemann phát triển hình học phi-Euclid nửa thế kỉ* trước, không ngờ qua bàn tay của Minkowski đã biến nó thành công cụ toán học hữu hiệu nhất của thuyết tương đối rộng của Einstein. Einstein chỉ biết ngạc nhiên: *Điều mãi mãi không hiểu được ở vũ trụ là nó có thể hiểu được*. Hiểu bằng toán học, một sản phẩm của tư duy con người có thể độc lập với kinh nghiệm. Nhà vật lí học Eugene Wigner từng ngạc nhiên về "tính hiệu quả không lí giải

---

[123] Nguyễn Xuân Xanh 2009, 301.

[124] Nguyễn Xuân Xanh, *EINSTEIN*, 260.

được của toán học trong các ngành khoa học tự nhiên", làm sao các cấu trúc toán học tưởng như không có mối liên hệ gì với thế giới vật lí lại có thể mô tả thế giới một cách chính xác?[125] Tuy vậy, một tiếng nói khác cũng cần thiết: "Sự nắm quyền kiểm soát của toán học đối với vật lí hàm chứa nguy cơ của nó, vì nó có thể cám dỗ chúng ta đi vào địa hạt của tư duy tượng trưng cho sự hoàn hảo trong toán học nhưng có thể xa cách, hay xa lạ đối với thực tại vật lí" như nhà hình học Michael Atiyah nói.[126]

Thế kỉ 20 đã thay đổi triệt để hệ tư duy, nhấn mạnh ý tưởng lí thuyết, sự phân tích toán học và logic hơn là chỉ dựa vào dữ kiện thực nghiệm, được tiên phong bởi Einstein, dù "tất cả tri thức về thực tại bắt nguồn từ kinh nghiệm, và rồi trở về đó." Các ý tưởng cuối cùng được thể hiện bằng các phương trình toán học. Dường như tất cả thế giới vật lí đều được chế ngự bằng các phương trình toán học. "Toán học là cánh cửa và chìa khoá đi vào các ngành khoa học", như nhà triết học thế kỉ 13 Roger Bacon viết.

TỪ VÔ MINH ĐẾN GIÁC NGỘ

Theo triết lí nhà Phật, đời là một chuỗi trải nghiệm thất vọng, nhưng nếu ai vượt qua được, hiểu được nỗi khổ một cách sâu sắc, có giải pháp vượt qua mỗi chặng đường, thì người đó sẽ đến bờ giác ngộ ở bậc thang cuối cùng của sự trải nghiệm, nơi đó Phật tính sẽ hiện ra. Ở mỗi cột mốc thất vọng là một bóng tối, cạnh đó là một ánh sáng soi đường. Vật lí hạt cơ bản cũng giống như thế, sau một chuỗi thất vọng hoang mang tột độ, khi khuất phục được nó, hiểu được chân lí đằng sau mỗi nỗi thất vọng và "đau khổ" đó, cuối cùng các nhà vật lí đã đến "bờ giác ngộ" với Mô hình Chuẩn hài hòa và tỏa sáng, lí giải được mọi hiện tượng vi mô một cách nhất quán. Sau *Bát chính đạo*, *"ba ngôi thiên quark thần kì"*, sự *thống nhất* các tương tác điện-yếu chứa đựng các *đối xứng ẩn*, hay *đối xứng bị phá vỡ tự phát*, *sắc động học lượng tử* tác động ở tầng quark sâu hơn, vừa nhốt giữ vừa cho chúng tự do tiệm cận,

---

[125] Wigner hay Yau & Nadis, 290. Chương *Truth, Beauty, and Mathematics* bàn về vẻ đẹp của toán học trong vật lí rất thú vị.

[126] Yau & Nadis, 293.

và sau những xác nhận thần kì bằng thực nghiệm tất cả những tiên đoán lí thuyết, vật lí hạt cơ bản đã đến bờ *giác ngộ*, bỏ lại những thất vọng, ảo giác, và lầm lạc của cuộc "hành đạo" lịch sử để đi tìm chân lí tối hậu chi phối vật chất thế giới này. Đó là cách "giác ngộ" của các nhà khoa học phương Tây. Họ là những bậc "cao tăng" thế tục. Mỗi khám phá khoa học thực chất đều có chứa chất thiền, mà các mantra là những bài toán vật lí hay toán học.

MỘT TÂN THẾ GIỚI

Cho nên chúng ta có thể nói rằng cánh cửa bây giờ đã được mở ra, lần đầu tiên, đến một phương pháp mới chứa đầy những kết quả kì diệu, lôi cuốn sự chú ý của các trí tuệ khác trong những năm tương lai.

Galilei[127]

Mô hình Chuẩn là một thành công vĩ đại của trí tuệ loài người. Con thuyền vật lí hạt đã cập bến "an toàn" vào "Tân thế giới" đầy hứa hẹn. Năm thế kỉ trước, thời Columbus, có một bản đồ đầu tiên của thế giới với các biển và lục địa, nhằm phục vụ cho việc khám phá mở rộng chân trời của con người. Bản đồ đó còn lâu mới hoàn hảo, nhưng đã là một thành tựu to lớn của tri thức con người. Ngày nay, cùng với vật lí hạt cơ bản, vũ trụ học, những công cụ thuyết lượng tử và tương đối, con người có một bản đồ vũ trụ trước mặt, từ thế giới vô cùng nhỏ đến vô cùng lớn. Khi Dirac phát triển phương trình mang tên ông và tiên đoán phản hạt, Heisenberg nói: *tưởng rằng vật lí lượng tử đã cập bến, ai ngờ giờ lại phải nhổ neo*. Đối với con thuyền vật lí hạt cơ bản, bao nhiêu lần nó đã phải rời bến bờ tưởng như an toàn và cuối cùng, để lên đường đi tiếp đến những vùng nước khó khăn. Các con thiên nga lộng lẫy đã phải trải qua những giai đoạn chú vịt xấu xí.

Về mặt tri thức, Mô hình Chuẩn là bước đột phá lớn "rốt ráo" vào thế giới vi mô, hoạt động trong những thập niên hoàn hảo chưa vấp phải một trở ngại hay "phản biện" nào. Các nhà vật lí hạt đầy tự tin. Bởi Mô hình Chuẩn dựa trên cơ chế Higgs thực tế đã hoạt động hoàn hảo khá lâu trước

---

[127] Kline, 182.

khi người ta tìm ra hạt Higgs. Niềm tin vào tính đúng đắn chắc như đinh đóng cột. Các lò gia tốc tiếp tục tạo ra hàng triệu triệu sản phẩm khác để thử "độ bền" của Mô hình Chuẩn, nhưng nó chỉ càng vững chắc thêm thôi.

Giờ đây giai đoạn khai thác "Tân thế giới" được mở ra trước mắt.

VIỄN CẢNH

Chúng ta tiến lên, vào một lĩnh vực chưa biết, chúng ta không rõ con đường chúng ta đi sẽ dẫn chúng ta về đâu. Điều đó làm cho vật lí vô cùng hứng thú.

Paul Dirac

Chỉ có một thứ dường như không có giới hạn, đó là sức mạnh của lí trí.

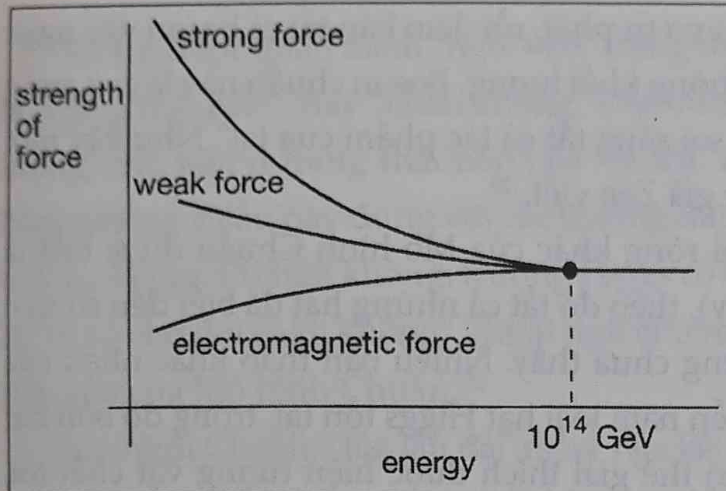
Stephen Hawking

Lực điện từ và lực yếu đã được thống nhất thành lực điện-yếu, và lực mạnh đều được mô tả bằng thuyết trường Yang-Mills. Người ta không thể không hỏi: lực điện-yếu và lực mạnh có thể cùng được thống nhất hay không? Photon, W, Z là boson của Yang-Mills, tám gluon cũng như vậy. Chúng phải là họ hàng của nhau. Photon và W, Z đã "nhìn mặt" lại được sau thời gian bị "thất lạc", mặc dù W và Z là thuộc loại "béo phì", so với photon là loại mảnh khảnh. Còn các gluon thì sao? Gluon tuy mạnh hơn, nhưng cũng có thể được sinh ra từ "cùng một bào thai". Có cuộc "đoàn tụ định mệnh" chăng?

Đó là mục tiêu của chương trình *đại thống nhất* (Grand Unification Theory, hay GUT), nhằm mang tất cả những hạt này trở thành boson của một lí thuyết duy nhất - Yang-Mills được xây dựng trên một nhóm chuẩn SU(5) có chiều kích lớn hơn. Photon, W và Z là boson chuẩn của nhóm SU(2)xSU(1), các gluon boson của SU(3)[128] [khác với SU(3) của Bát chính đạo]. Từ đó người ta suy ra nhóm SU(5) là thích hợp cho thuyết Yang-Mills của đại thống nhất.

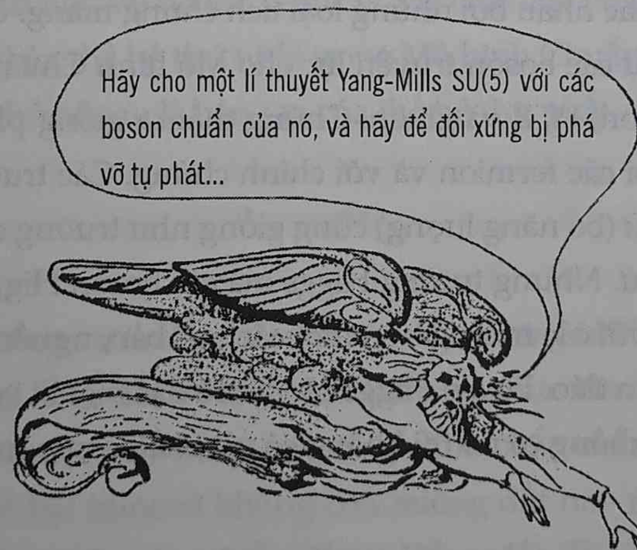
---

[128] SU(1) = nhóm unita các phép biến đổi một biến phức (complex variable) (của lực điện từ); SU(2) = nhóm các phép biến đổi hai biến phức (cho isospin) hay nhóm các ma trận 2x2 (vết bằng không, của lực yếu) với định thức 1. Tương tự SU(3) = nhóm các ma trận 3x3 (của lực mạnh). Cũng thế cho SU(5) bậc cao hơn. Đây là từ chuyên môn, chúng ta không cần quan tâm.



Sự thống nhất lực có thể diễn ra ở năng lượng cao 10^{14} hay 10^{15} GeV, hay ở mức 10^{28} độ, vượt xa tầm tay con người hiện nay (Nguồn: Allday, 235).

Howard Georgi và Sheldon Glashow (sau đó là Helen Quinn và Weinberg) đã xây dựng đại thống nhất bằng thuyết Yang-Mills trên SU(5). Ở cuộc "đoàn viên rơi lệ" này, ngoài các hạt photon, W, Z và gluon còn có hai nhân vật mới xuất hiện: X và Y. Các lực điện-từ, lực yếu, lực mạnh đều là những biểu hiện của một lực duy nhất. Không những các boson đoàn tụ, mà các quark và lepton cũng nhận ra mình là anh em, cùng là những thể hiện của một "hạt nguyên thủy". Trong đại thống nhất này, các hạt có khối lượng bằng không và vận tốc ánh sáng vẫn là photon và các gluon.



(Nguồn: Zee, 232).

Giả sử khi Thiên Chúa phán: "Hãy cho ánh sáng!" thì có lẽ Ngài thực sự phán: "Hãy cho một lí thuyết Yang-Mills SU(5) với các boson chuẩn của

nó, và hãy để đối xứng bị phá vỡ tự phát, rồi đem bán tất cả boson vào ngục hồng ngoại, trừ một boson không khối lượng. Boson chuẩn này là con cưng của ta. Hãy để nó bay xa để soi sáng tất cả tác phẩm của ta!" Như vậy mới phù hợp với sự thật hơn, tác giả Zee viết.[129]

Một trong những sự nới rộng khác của Mô hình Chuẩn được biết là *siêu đối xứng* (supersymmetry), theo đó tất cả những hạt đã biết đều có một đối tác (partner) siêu đối xứng chưa thấy. Nhiều bản thảo khác nhau của siêu đối xứng tiên đoán có đến năm loại hạt Higgs tồn tại, trong đó bốn hạt Higgs siêu đối xứng nặng có thể giải thích được hiện tượng vật chất tối, chất liệu huyền bí chiếm phần lớn trong vũ trụ.[130] Siêu đối xứng cũng là một nét đặc trưng quan trọng của thuyết dây.[131]

***

Vai trò vật lí Higgs là gì? Nó giúp ích gì cho nhận thức trên chặng đường phát triển của ngành vật lí? Không ai nghi ngờ tính đúng đắn và "uy lực" của Mô hình Chuẩn. Nhiều lí do khiến vật lí Higgs có vai trò đặc biệt. Hạt Higgs có một vị trí khác thường. Electron và quark (đều là các fermion) cũng là một loại hạt, khác nhau bởi những loại tích chúng mang: điện tích, sắc tích, tích yếu. Tương tự các boson truyền lực cho Mô hình Chuẩn, xuất hiện dưới nhiều dạng: photon, W, Z và gluon. Chúng thật ra giống photon, chỉ khác ở cách tương tác với các fermion và với chính chúng. Các trường có các boson này là các lượng tử (bó năng lượng) cũng giống như trường của điện và từ mà photon là lượng tử. Nhưng trường Higgs mà các boson Higgs là các lượng tử dường như khác với các trường trên một cách cơ bản, nguồn gốc của nó chưa được tìm hiểu thấu đáo. Boson Higgs có vai trò đặc biệt là tạo khối lượng cho các fermion, nếu không có nó thì không có vật chất, con người và vũ trụ.[132]

---

[129] Zee, 232.

[130] *Science News*, 6.

[131] Xem thêm về các Thuyết Siêu đối xứng, như SUSY, Mô hình Chuẩn Siêu Đối Xứng Tối Thiểu (*Minimal Supersymmetric Standard Model*, MSSM), trong Baggott 2012, Chương 9, *A Fantastic Moment*.

[132] Kane 2013, 109.

Vũ trụ được quan niệm "ngồi vào" trạng thái năng lượng thấp nhất, gọi là "trạng thái nền", hay "chân không" (vacuum). Vì các trường mang năng lượng, cho nên ở trạng thái nền của vũ trụ, người ta chờ đợi các trường bằng không. Điều này đúng với các trường điện từ, nhưng không đúng với trường Higgs. Ở chân không, trường Higgs có trị số không bằng không (gọi là "trị số chờ đợi chân không", thuật ngữ chuyên môn). Trường Higgs mang tích yếu của Mô hình Chuẩn.[133]

Mô hình Chuẩn, "tòa lâu đài"nguy nga kết quả của cộng đồng vật lí thế giới, được coi là bước trung gian, là bàn đạp, không thể thiếu khi hướng đến các lí thuyết đại thống nhất tiếp theo. Cộng đồng vật lí rất hãnh diện về nó, đến nay không có thí nghiệm nào ở cấp vi mô mà không hài hòa với nó. Những lí thuyết trong Mô hình Chuẩn rất đẹp và phù hợp với trực giác con người. Thuyết Yang-Mills trở thành cội nguồn của hai thuyết điện-yếu và thuyết sắc động lực học. Mô hình quark đơn giản đến ngạc nhiên và thú vị. Cơ chế Higgs, xuất phát từ ý tưởng của chất siêu dẫn, trở thành giá đỡ cho Mô hình Chuẩn, giải thích việc tạo ra khối lượng cho vật chất trong vũ trụ một cách ngạc nhiên thông qua sự phá vỡ đối xứng đẹp mắt. Điều này hoàn toàn phù hợp với vũ trụ học Vụ nổ lớn. Thực tế, vật chất của vũ trụ được tạo thành từ các hạt cơ bản của thế hệ thứ nhất trong Mô hình Chuẩn, quark u, quark d và electron. Các thế hệ sau là bản sao của thế hệ thứ nhất, và không bền.

***

Trong bài *Những ưu tư đêm của một nhà vật lí lượng tử*[134] năm 1995, Steven Weinberg tỏ ra lo lắng đối với sự phát triển và mục tiêu tạo ra thuyết của tất cả. Ông kể lại một giai thoại (mà ông chưa chắc chắn về sự thật) rằng Alexander Đại đế bật khóc vì không còn miếng đất nào nữa dành cho ông để chinh phục. Dĩ nhiên còn nhiều đất từ Đông đến Tây chứ. Tương tự, Mô hình Chuẩn đã chinh phục rất nhiều thế giới, hiểu rõ nguyên tử, các nhân

---

[133] Kane 2013, 109.

[134] Steven Weinberg (1995), *Night Thoughts of a Quantum Physicist.*

nguyên tử và các hạt cơ bản cấu thành chúng, những huyền bí về bản thể của vật chất, lực và năng lượng. Nhưng Mô hình Chuẩn không phải là tiếng nói cuối cùng, mà còn nhiều vấn đề trước mắt. Tại sao có nhiều thông số như vậy? Mười tám hằng số trong các phương trình không thể giải thích được, mà chỉ biết được qua thực nghiệm. Leon Lederman, nhà vật lí hạt giải Nobel, cũng từng viết năm 1985: "Nó quá phức tạp... Chúng ta thật sự không thể tin rằng Đấng tạo hoá đã đùa nghịch với 20 viên hạt để đặt ra 20 thông số tạo ra vũ trụ như chúng ta biết." Ông nói tiếp: "Các nhà vật lí chủ yếu đi tìm sự đơn giản tối hậu, nhưng cuối cùng tìm thấy một sự "hỗn độn tao nhã" (elegant messiness)"[135]. Alan Guth, người đề ra thuyết lạm phát của vũ trụ, cũng cùng ý kiến: "Chúng ta không nhìn Mô hình Chuẩn như thuyết tối hậu; nó quá phức tạp, quá đa dạng trong sự mô tả của nó. Phần lớn các nhà lí thuyết giả định rằng Mô hình Chuẩn là xấp xỉ ở mức năng lượng thấp của một lí thuyết đơn giản, và phong phú hơn."[136] Các nhà vật lí, tuy luôn luôn được hướng dẫn bởi cảm quan vẻ đẹp trong cuộc đi tìm các định luật tối hậu, muốn thấy sự đơn giản hơn nữa mà Mô hình Chuẩn là một hệ quả.

Mô hình Chuẩn cũng bỏ ra ngoài yếu tố quan trọng là lực hấp dẫn. Vậy nên "Đó là một trong những lí do khiến chúng ta nghĩ rằng các cấu trúc mô tả trong Mô hình Chuẩn không phải là những cấu trúc của lí thuyết cơ bản trong vật lí". Lí thuyết trường (lượng tử), công cụ thành công trong Mô hình Chuẩn, chưa chắc là lí thuyết nền tảng. Kích thước khoảng cách của Mô hình Chuẩn còn "khá lớn", ở đó tất cả lí thuyết tuân theo các nguyên lí của thuyết tương đối và lượng tử tất yếu đều là thuyết trường lượng tử. Nhưng còn ở các kích thước nhỏ hơn? Vật lí cần có một cuộc cách mạng mới về hệ hình đối với thuyết trường lượng tử, một lí thuyết mới, nhưng khó mà đạt được, và tìm các cấu trúc của lí thuyết đó như thế nào? Cần xuống thêm sâu bao nhiêu nữa? Quark của quark chăng? Weinberg cho rằng kích thước cần xuống tiếp có thể đến một phần triệu tỉ (10^{15}) kích thước hiện nay. Và tại đây, thực nghiệm sẽ rơi vào bế tắc. Hệ hình của vật lí

---

[135] Bryson, 207.

[136] Alan Guth, trong Brockman 1995, 328.

một trăm năm qua chưa thay đổi, vẫn là thuyết tương đối, lượng tử, thuyết trường. Cần có thêm một sự thay đổi nữa?

Vậy nên có hai cách tiếp cận khác, theo ông: thứ nhất là lí thuyết dây, phát triển mạnh mẽ từ năm 1980, với những sợi dây nhỏ, cách rung của chúng được xem như sự thể hiện các hạt cơ bản, và hạt graviton của lực hấp dẫn. Lí thuyết này được ca ngợi nhiều. Weinberg là người hâm mộ của lí thuyết dây, nhưng cho đến nay chưa ai tìm được một nghiệm nào của các phương trình phù hợp với quan sát trong thực tế.

Cách thứ hai là trông cậy vào cỗ máy LHC của CERN để hiểu biết thêm về Mô hình Chuẩn, hay có những gợi ý thêm cho lí thuyết dây, sự tồn tại của các hạt siêu đối xứng, hay những lí thuyết khác. Higgs có những "siêu bạn", nếu được khám phá ở LHC, chúng ta sẽ có thêm chứng cứ về hướng phát triển tiếp.

Cuộc "trở về nguồn" đã vượt được những chặng đường rất xa. Lúc Shakespeare viết kịch, con người hầu như chưa có khoa học chính xác, mà chỉ có tư biện, thần học và siêu hình học. Rồi khoa học hiện đại xuất hiện với Galilei, bốn thế kỉ trước, ngày càng phát triển nhanh, vững chắc, và "hoàn vũ" hơn. Những năm 1970 chúng ta vẫn chưa biết thế giới hoạt động như thế nào, ngày nay chúng ta biết một phần rất lớn, tuy vậy con đường vẫn còn những thác nước cao phía trước. Chúng ta đã đến gần tới đích, như những người lạc quan nói, hay vẫn còn xa vời với mục tiêu tối hậu như những người ưu tư nghĩ? Những vần thơ sau đây của nhà thơ Ấn Độ Avvaiyar thế kỉ thứ 4 được cơ quan NASA Hoa Kì chọn làm phương châm cho một chương trình giáo dục của họ nói lên thái độ "khiêm cung" trước một tương lai có thể còn ngạc nhiên:

Những gì ta đã học
Như nắm đất trong tay;
Những gì ta còn phải học
Như cả thế giới này.[137]

---

[137] Có thể xem Close 2007, 202 hay: http: //web. archive. org/web/20121102092948/http: //www. nasa. gov/audience/foreducators/informal/features/F_Cosmic_Questions_prt. htm.

PHẦN V

Cần phải mơ tưởng điều không thể, để thực hiện tất cả những gì có thể.
Goethe

KHAO KHÁT CHÂN LÍ BẤT TẬN

Con thuyền vật lí hạt sau bao lần nhổ neo, ra khơi và cập bến, giờ đã tới bờ của một "Tân thế giới" đầy hứa hẹn. Vật lí chưa chấm dứt ở đó, mà sẽ còn khai thác các kho tàng của mảnh đất trong tương lai. Niềm khao khát hiểu biết và trí thông minh của con người là không biên giới, nói như Stephen Hawking. *"Lời mời gọi của khoa học nằm sâu thẳm trong con người, bởi vì nó biểu lộ căn bản niềm ao ước khám phá, và hiểu biết các sự vật liên hệ nhau như thế nào, soi sáng những chứng cứ nông cạn của giác quan, và sử dụng những hiểu biết này cho mục đích của con người"*[138] như I. I. Rabi, nhà vật lí hạt giải Nobel viết trong tự truyện của ông, một trong những người cha tinh thần khai sinh ra CERN.

Kitô giáo thống trị Âu châu 2 ngàn năm, đã kìm hãm sự phát triển của khoa học. Tôn giáo chỉ muốn lòng tin vô điều kiện từ con chiên của mình, không muốn khoa học có thể nói khác hơn như trong Kinh Thánh, chỉ có cứu rỗi bằng Phúc Âm, đừng suy nghĩ, mà hãy tin. Nhưng bộ óc vĩ đại mà Chúa đã ban cho con người để làm gì? Niềm ao ước có tri thức về thế giới con người như một thiên chức không thể bị dập tắt, như Galilei đã chỉ ra: *"Dụng ý của Thánh linh là chỉ cho chúng ta con đường đi lên Trời, chứ không dạy chúng ta Trời vận hành làm sao"*. Đó là tiếng nói chân thật từ một con chiên vẫn trung thành với Chúa, nhưng trong lòng cháy bỏng ngọn lửa tri thức của Hi Lạp cổ đại, cái nôi khoa học đầu tiên của phương Tây, vùng đất duy nhất không có giáo điều tôn giáo, sách thánh hay thần học nhằm đòi hỏi sự quy phục, và vì thế mới có khoa học phát triển. Một thế kỉ sau Galilei, nhà khai sáng Đức Gotthold Ephraim Lessing thế kỉ 18 cũng lại nói lên niềm khao khát khám phá chân lí cháy bỏng kiên định của con người, nhưng đầy khiêm tốn:

---

[138] Rabi, 14.

> "Nếu Chúa giữ kín tất cả chân lí trong tay phải của Ngài, và trong tay trái chỉ có một thứ là động cơ đi tìm chân lí, sống động, và không bao giờ tắt, dù có kèm theo điều kiện rằng tôi luôn luôn và mãi mãi có thể bị sai lạc,..., và rồi bảo hãy chọn lựa đi, thì với sự khiêm cung tôi sẽ ngã vào tay trái của Ngài và nói rằng: Hãy cho con tay này! Chân lí hoàn hảo chỉ dành cho Cha!"[139]

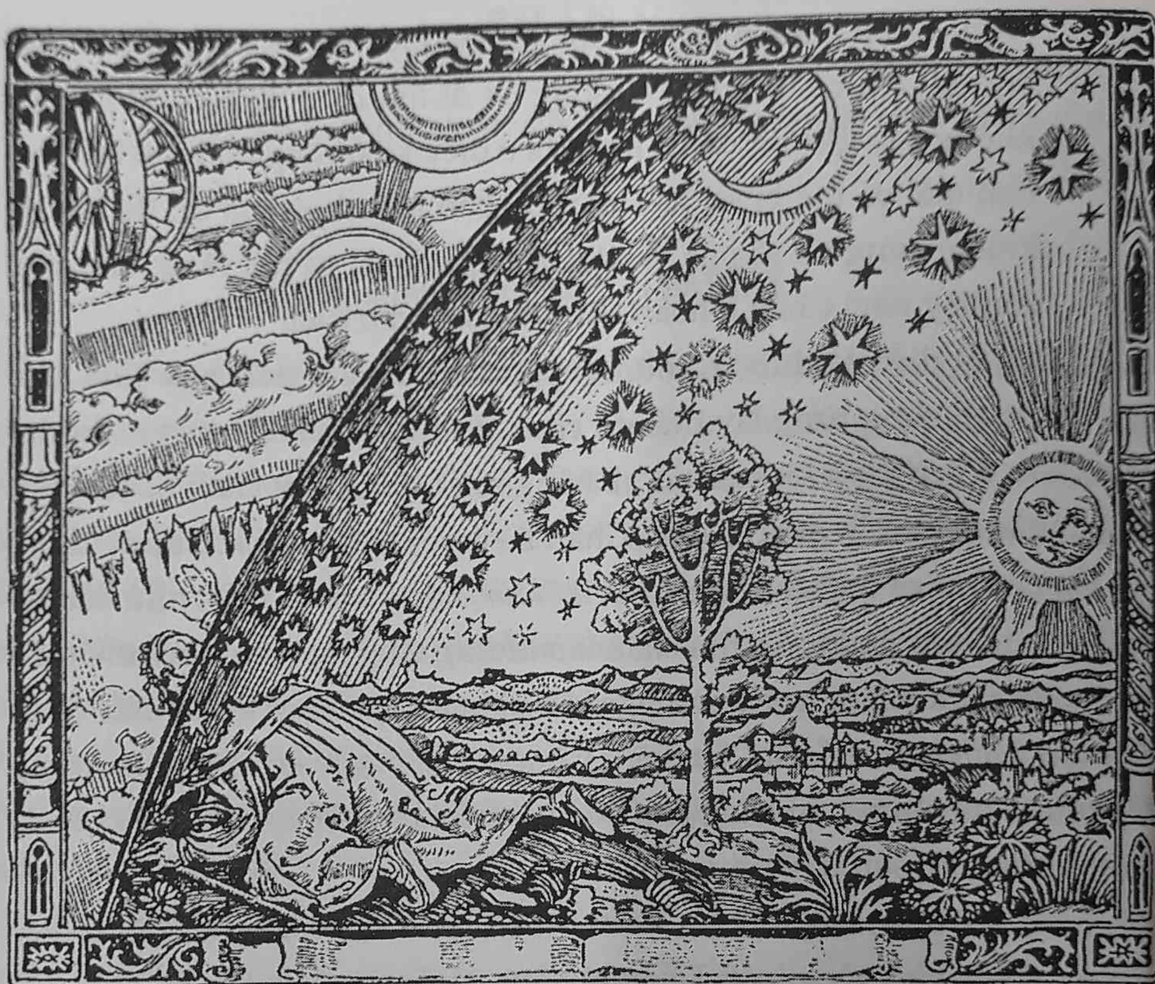
Không gì diễn tả được rõ hơn quyết tâm của giới tinh hoa *Thời Khai sáng*. Einstein cũng từng lấy thái độ của Lessing làm chuẩn mực: "Sự tìm kiếm chân lí quý hơn sở hữu nó". Không phải chiếm giữ chân lí, mà luôn đi tìm chân lí mới là quan trọng. Chân lí cũng không phải cố định, đúng một lần cho tất cả mọi thời gian, mà là "*cái mãi mãi phải đi tìm*", như tiên đề của Đại học Humboldt. Đi tìm chân lí ở những tầng nguyên thủy nhất, đó là ngọn lửa khoa học trong con người mãi mãi khao khát muốn biết được "*Trời vận hành làm sao*", tức "*cơ Trời*". Cũng trong mạch suy nghĩ này, trong giây phút lâm chung, nhà vật lí nổi tiếng Mĩ Richard Feynman thế kỉ 20 đã để lại những lời sau đây như một "di chúc":

> "Ông thấy, một điều là, tôi có thể sống với sự hoài nghi, không chắc chắn, và không biết. Tôi nghĩ, sống mà không biết thì thú vị hơn là có những câu trả lời có thể sai. Tôi có những câu trả lời gần đúng, những niềm tin có thể có, nhiều mức độ khác nhau của sự tin chắc về nhiều điều khác nhau, nhưng tôi không tuyệt đối chắc chắn bất cứ điều gì, có nhiều điều tôi không biết, chẳng hạn như có ý nghĩa gì hay không khi hỏi tại sao chúng ta ở đây...
>
> Tôi không phải biết một câu trả lời. Tôi không cảm thấy sợ hãi vì không biết các sự việc, vì lạc mất trong một vũ trụ huyền bí mà không có một mục đích, đó là cách thật sự tôi có thể kể. Điều đó không làm tôi sợ hãi."[140]

---

[139] Hazard, 468.

[140] Gleick 1992, 438.



"Loài người luôn luôn muốn nhìn vượt khỏi chân trời để xem có cái gì ở ngoài kia không."
(Stephen Hawking)[141]

Khoa học theo nghĩa triết học tự nhiên đã tồn tại hơn 2.500 năm, từ thời cổ đại Hi Lạp, đến La Mã, vượt qua thời đen tối, thời Trung cổ, nhưng đến thời Cận đại, Hiện đại, khoa học đã sống lại mãnh liệt hơn bao giờ hết. Khoa học không nhằm vào ứng dụng cho cuộc sống là chính mà *"Người Hi Lạp đi tìm nhận thức, không tìm sự hữu dụng; cho nên phương Tây đã bắt đầu khoa học như một công việc triết học, khác với công nghệ của phương Đông, nơi không biết đến khoa học, cũng khác với công nghệ của phương Tây, là khoa học ứng dụng"*[142]. Chính vì thế mà khoa học mới toàn diện, có tác động mạnh đến trí

[141] Fraser 1995, 8.

[142] Crombie, 561.

tuệ con người. Con người đặt mục tiêu tối hậu của khoa học là hiểu biết về thế giới một cách toàn diện. Tiếng nói thời nay (Silvan Schweber): "Một xã hội chỉ toàn bận tâm với những vấn đề của riêng nó sẽ mất đi tinh thần và sức sống của nó", hay: "Điều đã trở nên rất rõ ràng là sự đòi hỏi tính quan trọng cho những mục tiêu kinh tế, công nghệ, an ninh và những mục tiêu chức năng khác có thể dễ dàng trở thành nguồn gốc hủ hoá của sự tiến triển khoa học."[143] Người ta nhớ lại đại học lí tính của Kant, tách ra khỏi các đại học hữu dụng.

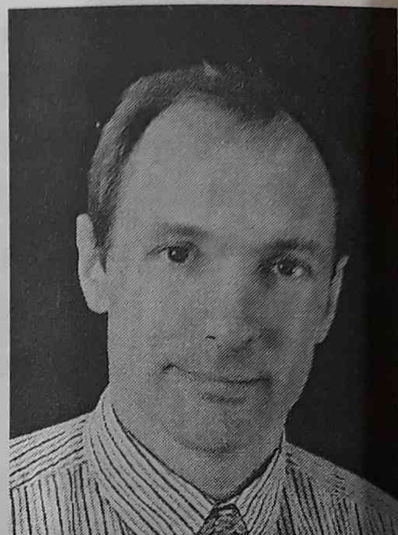
Chắc chắn tri thức về hạt cơ bản không nhằm phục vụ mục tiêu kinh tế trước mắt, không hi vọng sự khám phá quark sẽ mang lại một ngành kinh tế "quarkonics" như ngành electronics, điện tử với sự khám phá electron. Nó thỏa mãn sự tò mò bất tận của con người. Nhưng lịch sử đã chứng minh, xã hội nào thể hiện sự tò mò cao độ, xã hội đó thường phồn vinh. Ngược lại, xã hội nào không có sự tò mò khoa học mạnh mẽ, xã hội đó sẽ khó vươn lên. Các quốc gia phương Tây là những ví dụ. Nhật Bản là một trong những ví dụ điển hình, một dân tộc mà sự tò mò vô hạn đã giúp họ vươn lên, vượt khỏi những ràng buộc của truyền thống có thể làm họ mù quáng, và đã tự khai sáng thành công.

Một trong những sản phẩm phụ của CERN là World Wide Web, đã mở ra một thời kì mới trên công nghệ thông tin cho toàn thế giới mọi người đều có thể sử dụng. Robert R. Wilson, nhà thiết kế Phòng thí nghiệm Quốc gia Fermi đã phát biểu khiêm tốn: "Trong quá trình tạo một gia tốc lớn cho các hạt, chúng ta hi vọng có thể đóng góp ít nhất một gia tốc nhỏ vào xã hội."[144] Thực tế, với WWW, thế giới đang gia tốc ngày càng nhanh.

---

[143] Schweber 1999, 672-73.

[144] Mee, 264.



Tim Berners-Lee (1955-) nhà khoa học Anh, người khai sinh World Wide Web tại CERN năm 1990 nhằm phục vụ mạng lưới thông tin toàn cầu của CERN. Đó là trang web đầu tiên của thế giới. Giá trị của công nghệ sử dụng WWW ngày nay đã lên tới hàng trăm tỉ Đô la, nếu chỉ tính các công ty Yahoo, Google, Facebook, Amazon, eBay, vượt xa tiền đầu tư cho LHC để phục vụ một mục tiêu khoa học thuần túy, dù đây chỉ mới là một sản phẩm phụ, chưa nói đến những công nghệ xây dựng các máy gia tốc năng lượng cao của CERN. Riêng Google đã có giá trị hơn 100 tỉ Euro (Nguồn: Close et al. *The Particle Odyssey*).

Trong khuôn khổ điều trần về đề án lớn SSC (Superconducting Supercollider, Siêu máy va chạm Siêu dẫn) tại Hoa Kì, Burton Richter,, giải Nobel chung với Ting cho khám phá meson duyên J/ψ, đã trả lời một dân biểu của Đảng Dân chủ bang North Carolina cho câu hỏi về giá trị cho nhân loại từ những hiểu biết các hạt cơ bản:

> Ngài đã biết vũ trụ sinh ra thế nào, tiến hóa ra sao, đi đâu bây giờ và trong tương lai. Ngài đã biết mọi thứ có thể biết về thế giới vật lí, và ngài sẽ biết nhiều hơn vị trí của con người trong thế giới vật lí của chúng ta.
>
> Trên bình diện thực tiễn, nếu ngài biết tất cả về nó, có lẽ ngài có thể kiểm soát nó tốt hơn. Luôn luôn trong quá khứ, một khi chúng ta học được nhiều hơn về thế giới vật lí, chúng ta đã có thể kiểm soát nó để làm những việc tốt hay xấu. Chúng ta đã học 150 năm trước... về điện và từ... Từ tri thức này về thế giới vật lí, ánh sáng, truyền hình đã ra đời và mọi thứ ngài có. Tôi không nghĩ rằng ai đó có thể hứa hẹn rằng trong tương lai chúng ta không thể kiểm soát nó tốt hơn, nhưng như trong quá khứ, nếu chúng ta học điều đó, thì tôi sẽ nói, chúng ta đã nhận ra rằng tri thức là sức mạnh."[145]

---

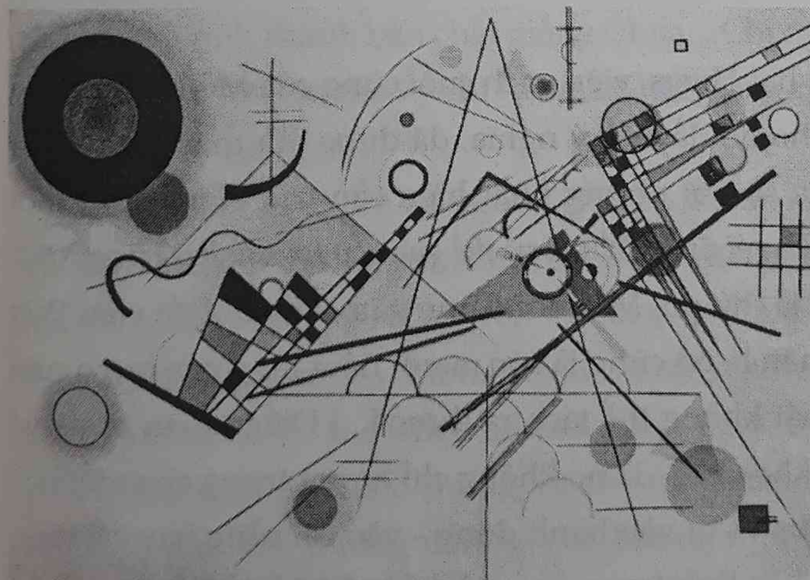
[145] Sample, 117.

Sau một buổi diễn thuyết nổi tiếng về điện của Faraday tại Royal Society, một vị dân biểu của Quốc hội Anh hỏi: "Công dụng của tất cả những thí nghiệm đẹp kia là gì?". Faraday trả lời: "Công dụng của một đứa trẻ mới sinh ra là gì?" Đứa trẻ sau đó đã trở thành nền công nghiệp điện (Weisskopf)[146].

"TIẾNG KÊU" NHÂN VĂN

Trong lịch sử nhân loại, tương tự những cuộc phá vỡ đối xứng, nhiều rạn nứt của thời đại đã làm thay đổi cục diện thế giới tình cờ hay cố ý đều kèm theo những sự kiện khoa học trọng đại có ảnh hưởng lâu dài. Sau khi nhân của nguyên tử được khám phá năm 1911, danh hoạ gốc Nga Wassily Kandinsky (1866-1944) sống ở Đức/Pháp đã linh tính về sự thay đổi sâu sắc thế giới sắp đến. Ông diễn tả cảm nhận của mình như sau:

> "Trong tâm hồn tôi, sự sụp đổ của mô hình nguyên tử (tức khái niệm nguyên tử không còn như trước nữa) đồng nghĩa với sự sụp đổ của cả thế giới. Bất thần những bức tường thành vững chắc nhất đã bị sụp đổ. Tôi sẽ không còn ngạc nhiên nếu một tảng đá xuất hiện trong không khí trước mắt tôi, chảy tan ra và trở nên vô hình."[147]



Một trong những bức tranh trừu tượng của Kandinsky. Người ta cho rằng một số tranh của ông giống các hạt cơ bản trong thí nghiệm máy gia tốc hơn 70 năm sau.

[146] Victor F. Weisskopf, trong Bersanelli và Gargantini, 216.

[147] Holton, 345 và Randall 2006, 117 hoặc Kandinsky, *Anticipating the Future*.

Mọi thứ trên thế giới từ đây đều có thể thay đổi sâu sắc. Thế giới cũ như đang trên đường cáo chung. Ông đã tự chuyển sang tranh trừu tượng: "*Thế giới càng trở nên dễ sợ... thì nghệ thuật càng trừu tượng hơn*" như ông viết. Ông xem các tác phẩm của mình như những liều thuốc chữa trị cho các bệnh thời đại. Năm 1910, nhà văn Virginia Woolf, sau khi chứng kiến cuộc triển lãm hậu-ấn tượng quy mô tại London cũng đã "bắt mạch" thời đại và thốt lên: "Vào tháng 12 năm 1910, hay từ đây trở đi, tính chất con người đã thay đổi". Đúng ba thế kỉ trước, vào năm 1611, nhà thơ John Donne của Anh, trong bài thơ *The First Anniversary*, đã có những dòng như: "*Và triết học mới nghi ngờ tất cả/Nguyên tố lửa bị hoàn toàn tắt ngấm*" và tiếp "*Họ tìm kiếm rất nhiều cái mới; họ thấy rằng điều này/Đang lại vỡ vụn ra thành các mảnh nhỏ của ngài/Tất cả thứ này thành mảnh vỡ, sự gắn kết đã tiêu tan.*" Những câu thơ đó được viết ra chỉ một năm trước khi Galilei xuất hiện trên vũ đài thiên văn. Nhà sử học Marjorie Nicolson viết: "Chúng ta có lẽ nên đánh dấu sự bắt đầu của tư duy hiện đại vào đêm ngày 7 tháng 1 năm 1610, khi Galilei với chiếc kính viễn vọng tự tạo của mình nghĩ rằng đã nhìn thấy các hành tinh mới và các thế giới mở rộng mới."[148] Thế kỉ 17 thật sự đã đánh dấu sự chuyển dịch cơ bản những giá trị tri thức ở phương Tây: từ nhân văn sang khoa học, toán học.

Bốn trăm năm sau, hạt Higgs, viên gạch cuối cùng của Mô hình Chuẩn để hoàn thiện và tạo cho nó đầy đủ ý nghĩa, đã được tìm thấy với những tốn kém lớn hơn nhiều so với những phát hiện cấu trúc nguyên tử một trăm năm trước. *Ai có thể nói được điều gì về thế giới sắp tới sau hạt Higgs*?

Einstein trong một lá thư gửi Max von Laue năm cuối đời đã viết: "Vật lí không chỉ là đi tìm chân lí, nó cũng là sức mạnh tiềm tàng của con người đối với tự nhiên, hai mặt không thể tách ra được [...] Điểm quan trọng về vật lí - và phần lớn các khoa học - là nó không chỉ tượng trưng cho triết học tự nhiên mà còn liên quan sâu vào hành động - vào cái sống hay cái chết, vào bi kịch, và trên hết vào tình trạng nan giải của nhân loại."[149]

---

[148] Holton, 346.

[149] Simonyi, 523.

TÌM VỀ QUÊ HƯƠNG

Điều làm nên con người, đó là niềm mong ước hiểu biết.

Peter Higgs

Con người xuất phát từ những hạt bụi của các thiên hà, có chung nguồn gốc với vật chất của vũ trụ. Nhưng từ khi con người hình thành, đã có thêm một sự "phá vỡ đối xứng" sẵn trong nó. Con người bị "đuổi khỏi vườn địa đàng", như ẩn dụ của sự đối xứng bị phá vỡ đó. Con người "bị đày", giới hạn bởi không gian thời gian, và những điều kiện tồn tại chật hẹp của mình. Nhưng "Con người (vốn) là "Chúa" trong đống gạch đổ nát" (Man is God in ruins), như Ralph Waldo Emerson từng diễn tả. Con người có "tố chất Chúa, Phật" bên trong, mang tính đối xứng toàn diện, với những "khả năng vô hạn", niềm tin của thời Phục hưng, mà Pico della Mirandola đã viết trong tuyên ngôn tự do của mình: "Ta đã đặt ngươi", Chúa nói với Adam, "vào giữa thế giới, để ngươi dễ nhìn thấy xung quanh và thấy tất cả những gì chứa đựng trong đó. Ta tạo ra ngươi không có tính chất trời hay đất, không phải để rồi chết hay bất tử, mà để cho ngươi tự là người tạc tượng tự do và tự khắc phục chính ngươi; ngươi có thể biến chất thành loài thú hay tái sinh thành bản chất giống Chúa... Chỉ ngươi mới có một sự phát triển, một sự lớn lên theo ý chí tự do, có hạt giống của một sinh mệnh có tất cả các loài trong ngươi."[150]

Con người tự đi tìm lại nguồn gốc của mình, tìm lại sự "đối xứng hoàn vũ" đã mất. Newton, Planck, Einstein, Bohr và nhiều nhà khoa học khác tiếp nối nhau *đều là những Adam* trên trái đất, "ăn phải quả táo cấm của cây tri thức", để nhận thức con đường về quê mình, ngước nhìn vũ trụ sâu thẳm để hiểu, và vinh danh "the fallen human race". Các hạt cơ bản, các lực tương tác giữa chúng để điều khiển chúng, và để chúng ta tồn tại, chính là những viên sỏi đánh dấu con đường dẫn về quê hương như trong truyện thần thoại. Chúng nằm trong thân thể của chúng ta, ở trước mặt chúng ta. Theo nghĩa

---

[150] Pico, 7-8.

của Immanuel Kant, "thế giới này không phải cho chúng ta, mà cho chúng ta như một thách đố", như ông nói trong *Phê phán lí tính thuần tuý*.

Thế giới chúng ta sống hôm nay về nhiều mặt là hệ quả của *bất đối xứng*, chính sự bất đối xứng đó mới tạo ra thế giới này. Lội ngược dòng những thác ghềnh khó khăn trên con sông dẫn về cội nguồn của *đối xứng nguyên thủy*, đó chẳng phải là bản năng sâu kín của con người hay sao?

VÀ CHÚNG TA

Một nhân tố trọng yếu của Khai sáng là Khoa học, Wissenschaft... *Điều sau đây là chắc chắn đối với chúng ta: Không có tính đúng thật, lí tính, và nhân phẩm con người nữa nếu không có tính khoa học đích thực [...] Nếu khoa học mất đi, thì hoàng hôn sẽ đến, tranh tối tranh sáng sẽ đến, những cảm xúc lâng lâng mờ ảo, những quyết định cuồng tín từ sự mù quáng tự tạo sẽ đến. Các hàng rào sẽ được dựng lên, và con người sẽ được dẫn vào các nhà giam mới.*

Karl Jaspers[151]

Tôi giật mình khi nghĩ rằng "đối xứng thế giới đã bị phá vỡ tự phát" bởi sức mạnh của cuộc công nghiệp hoá vĩ đại diễn ra ở phương Tây thế kỉ 18, theo sau cuộc cách mạng khoa học thế kỉ 17, khiến cho cán cân quyền lực thế giới đã thay đổi sâu sắc. Nhưng vua quan, và giới trí thức Việt Nam, trừ một thiểu số quá nhỏ không đủ để làm nên mùa xuân, chưa hiểu xa để hành động thích ứng như giới trí thức Nhật Bản từng làm. Họ đã "lậm" văn hóa Nho giáo, và cảm giác về sự ưu việt đã thấm sâu vào máu như chính người Trung Hoa, cho đến khi cơ đồ sụp đổ. Cả hai tầng lớp nho sĩ ở Trung Hoa và Việt Nam đều sợ "mất bản sắc", và tự phụ, nhắm mắt trước cục diện mới bất đối xứng và nguy hiểm cho họ. Ở Nhật Bản, ý thức sâu sắc sự lỗi thời và sự cáo chung của tư tưởng phong kiến, ý thức về thời thế mới, *jisei*,

---

[151] Trong Jaspers, *Einführung in die Philosophie* (Triết học nhập môn), tr. 89, Jaspers viết những dòng này mười năm sau chế độ quốc xã bị sụp đổ trên đất nước ông. Jaspers đã chứng kiến một đất nước với những thành tựu khoa học hàng đầu thế giới bỗng chốc trở thành nạn nhân đau thương của chủ nghĩa Phát xít mất hết nhân tính và tính khoa học thâm sâu. Đó cũng là một lời cảnh báo của ông gửi đến giới chính trị thời hậu chiến.

nhà khai sáng Fukuzawa đã tấn công dữ dội vào lớp nho sĩ. Tầng lớp này, theo ông, tạo ra ảo tưởng của một vương quốc an toàn và "vĩ đại", tạo ra tâm tính nô lệ, đánh mất cá nhân tính. Sự học chỉ phục vụ, hay chỉ là công cụ của chuyên chế, đánh mất tinh thần sáng tạo và khoa học. Nó đã góp phần tạo nên tâm tính "giai cấp", chia rẽ trong nhân dân thành giai cấp thống trị và bị trị. Nó giết chết sự gắn bó, mối quan tâm của quần chúng với quốc gia. Nhật Bản không nghèo, nhưng nghèo tri thức để khai thác sự giàu có của mình.

Đầu thế kỉ 20, giữa lúc thuyết tương đối được xác nhận và chiếm ngự cả thế giới, tại Việt Nam có một bài báo duy nhất trên báo *Nam Phong* viết về thuyết này, có lẽ chỉ đến vậy thôi. Trí thức Việt Nam tập trung trí tuệ vào hai việc chính: đấu tranh giành độc lập và cải cách văn hoá, tiếng Việt, phát triển thơ mới, truyện ngắn và tiểu thuyết, "làm giàu thêm văn sản trong nước", "làm cho người ta biết rằng đạo Khổng không hợp thời nữa" (Tuyên ngôn của Tự lực Văn đoàn), đả phá hủ lậu và phong kiến, cải cách xã hội. Nhóm cải cách này có nói đến hai chữ *khoa học* trong tuyên ngôn của mình: "Đem phương pháp *khoa học* Thái Tây ứng dụng vào văn chương Việt Nam." Văn chương của nhóm Tự lực Văn đoàn sáng sủa, khúc chiết là nhờ tinh thần khoa học. Nhưng khoa học chưa có sức bật trong xã hội. Khoa học phương Tây đến hôm nay vẫn chưa có được nền tảng vững chắc trong xã hội. Việt Nam chưa từng có một phong trào khai sáng dành cho *Khoa học-Công nghệ*, thể hiện niềm tin vào sức mạnh con người bằng tri thức.

Người Việt Nam chưa có niềm tin và hiểu biết về sức mạnh của khoa học công nghệ như người Nhật Bản từng có, và như các dân tộc láng giềng ngày nay. Người Nhật sớm nhận thức được giá trị của khoa học là nguồn gốc sức mạnh của quốc gia. Họ tin rằng quốc gia có thể vươn lên ngang bằng phương Tây thông qua những bậc thang của khoa học mà họ phải quyết tâm leo lên được, vì lòng ái quốc vô biên của mình, và trách nhiệm đối với tổ quốc. Họ xây dựng cơ sở phát triển khoa học tại đất nước, sách vở khoa học phương Tây được biên dịch đầy đủ cho sinh viên và người làm nghiên cứu, các nhà khoa học nổi tiếng phương Tây được mời qua diễn

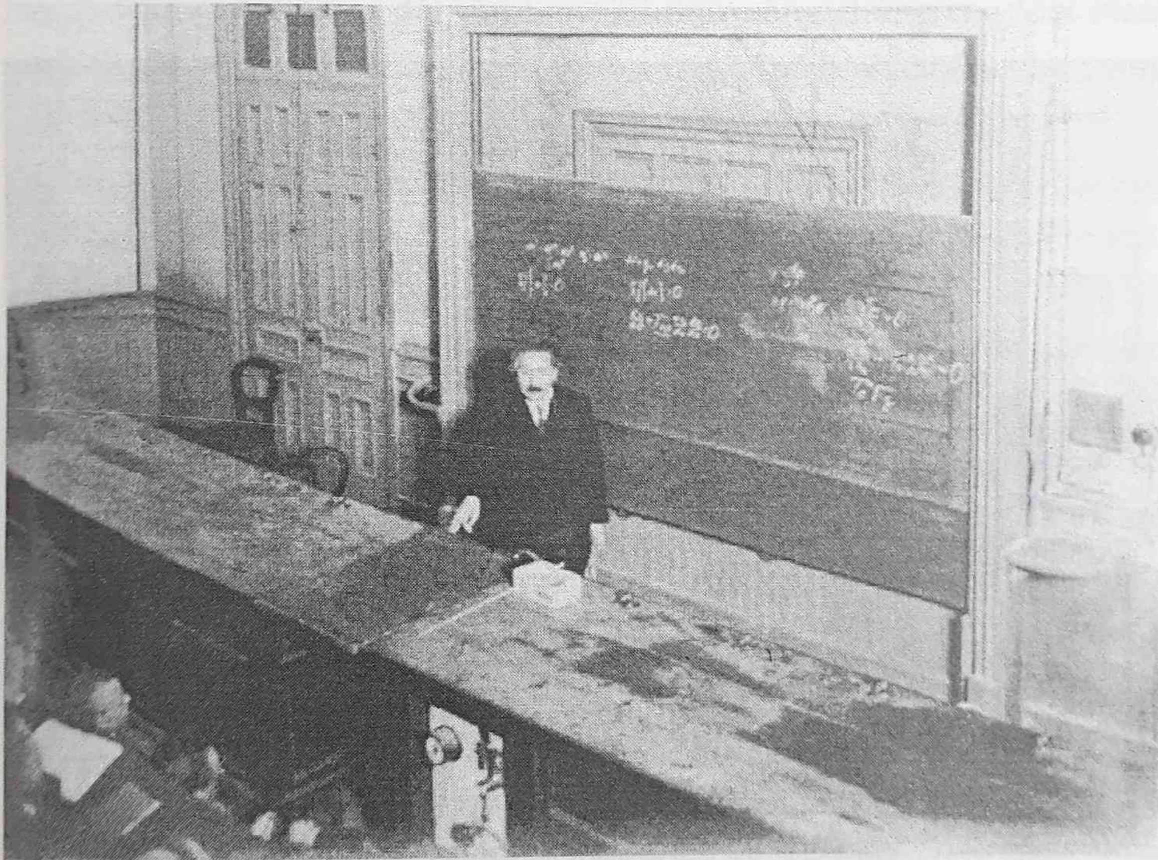
thuyết. Lúc đó phương tiện đi lại còn bằng tàu thủy. Đầu tiên là Einstein năm 1922, đến cuối thập kỉ có thêm Dirac và Heisenberg (1929) và Bohr (1937). Đó là những chuyến thăm kích thích mạnh mẽ khoa học cơ bản phát triển ở Nhật Bản. Những nhà vật lí của Nhật Bản nhận giải Nobel đầu tiên như Yukawa và Tomonaga đều là những người được đào tạo tại chỗ, "home-made". Người Nhật có quyết tâm chỉ đi du học một lần thôi, để sau đó xây dựng nền tảng tại quốc gia mình. Người có công lớn nhất xây dựng ngành vật lí lí thuyết cho Nhật Bản là Yoshio Nishina (1890-1951), ông học kĩ sư điện ở Tokyo, sau đó sang Âu châu và trở thành một nhà vật lí lí thuyết lẫn thực nghiệm, thấm nhuần tinh thần nghiên cứu khoa học phương Tây. Ông làm việc tại viện nghiên cứu của Bohr ở Copenhagen, với Heisenberg ở Đức, nói các ngôn ngữ Đức, Đan Mạch thông thạo, và Anh ngữ tốt. Khi về Nhật, ông đã quy tụ được những nhà vật lí trẻ và xuất sắc của Nhật Bản, trong đó có Yukawa và Tomonaga. Trước khi mất, Nishina được toại nguyện khi nhìn thấy giấc mơ của mình trở thành sự thật qua giải Nobel cho Yukawa năm 1949.

Vào đầu thế kỉ 20, Nhật Bản đã nhanh chóng thành công trong công cuộc công nghiệp hóa, hiện đại hóa, tạo ra cơ sở vật chất, với khẩu hiệu "Khoa học, công nghệ phương Tây, đạo đức (và tinh thần) phương Đông". Đó là giai đoạn tri thức khoa học, kĩ thuật phương Tây được học tập, sao chép và ứng dụng. Nhưng *tinh thần* phương Đông là gì? Khẩu hiệu thời Minh Trị hàm chứa văn minh phương Tây chỉ thuần về vật chất và cơ giới, và văn minh phương Đông mới ưu việt hơn về tinh thần và đạo đức. Nhưng có chắc văn minh phương Tây được phát triển trên một cơ sở hời hợt như thế không? Văn minh phương Đông có một hình tượng nào như Galilei dám dấn thân và hi sinh cho khoa học hay không? Nhật Bản cần một tinh thần như thế, như nhà vật lí Tanakadate Aikitsu nói, để tự phát triển khoa học, chứ không phải chỉ sao chép. Thời Taishō (1912-1926) khoa học được thảo luận như một phần của *văn hóa tinh thần* (spiritual culture), và giới khoa học bắt đầu được khuyến khích *sáng tạo*.[152]

---

[152] Hiromi Mizuno, 77.

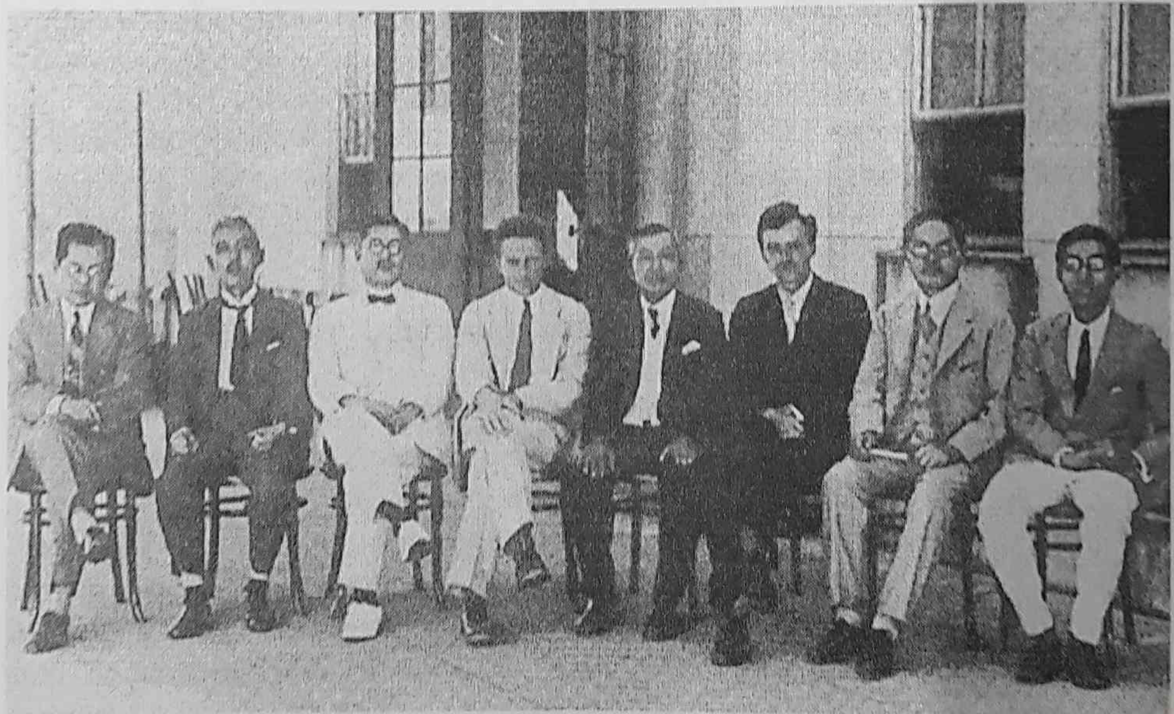
Nhưng phải đợi tới những năm 1920, sau 60 năm mở cửa tiếp thu khoa học và văn minh phương Tây, Nhật Bản mới bắt đầu gia nhập cộng đồng vật lí hiện đại phương Tây, khi Nishina từ Âu châu trở về (1928) xây dựng nên môn khoa học này tại Riken, Viện nghiên cứu Vật lí và Hóa học, với một phong cách mới, môi trường nghiên cứu mới cho Nhật Bản, thay đổi truyền thống Khổng giáo "tôn sư trọng đạo", bằng sự đối thoại và hợp tác cởi mở với các nhà nghiên cứu trẻ. Ông là một nhà nghiên cứu có uy tín (đồng tác giả của công thức Klein-Nishina), một người thầy tuyệt vời, một nhà quản lí sắc sảo.



Einstein thuyết trình tại Đại học Hoàng gia Tokyo. Các buổi diễn thuyết của ông tại Tokyo, Senai, Nagoya, Kyoto, Osak, Kobe và Jukuoka đều đầy ắp thính giả, không đủ chỗ ngồi. Tại Đại học Keio (của nhà khai sáng Fukuzawa) ngày 19 tháng 12 năm 1922 có khoảng 2.000 người lắng nghe ông diễn thuyết 3 giờ liền về thuyết tương đối hẹp và rộng (Courtesy of Dong-Won Kim).



Nishina (trái) và Yukawa năm 1950, sau khi Yukawa được trao giải Nobel. Những khuyến khích của Nishina đã đóng góp lớn vào thuyết meson của Yukawa. Yukawa không bao giờ quên công nhận công lao của Nishina đối với ông (Courtesy of the Special Collections, NCSU Libriaries; and Dong-Won Kim).



Heisenberg (thứ tư từ trái), Dirac (thứ ba từ phải) thăm Nhật Bản mùa thu 1929, theo lời mời và sự sắp xếp của Nishina (trái). Ông dịch và phát hành quyển *Các bài diễn thuyết của Heisenberg và Dirac* cho công chúng Nhật.

Tại một buổi diễn thuyết trong chuyến thăm của Heisenberg và Dirac, GS. Hantaro Nagaoka (1865-1950), nhà vật lí Tây học, một trong những nhà lãnh đạo khoa học và quản lí có ảnh hưởng lớn đã đứng lên và nổi giận với tình hình khoa học của nước mình, vì sao Heisenberg và Dirac ở tuổi

20 đã đạt đến những công trình trọng đại như thế, như sự thiết lập một lí thuyết mới (lượng tử), và xót xa khi thấy ở Nhật Bản các nhà vật lí vẫn còn là những người đi "lượm trấu, cám" của Âu châu và Hoa Kì, các sinh viên chỉ biết sao chép lại các bài giảng, đó là điều khủng khiếp đối với khoa học Nhật và không thể chấp nhận được. "You guys, hãy bắt chước Heisenberg và Dirac đi" ông nói, như Tomonaga nhớ lại.[153]

Việt Nam mới chỉ có giới tinh hoa văn chương (literary elite), chưa có đông đảo giới tinh hoa khoa học là những nhà khoa học uyên bác, và hầu như chưa có những *nhà khoa học*, hay *trí thức công chúng* (public intellectual) trách nhiệm, theo truyền thống của Galilei, Faraday, Einstein hay Hawking. Người ta đặt câu hỏi: "Trí thức công chúng của Việt Nam đâu?" Truyền bá khoa học vào đại chúng đâu? Trách nhiệm của họ trong giáo dục khoa học đâu? Sự tò mò của người Việt Nam đâu? Trong gần 10 năm qua đã có những nỗ lực đáng khích lệ phổ biến khoa học hiện đại vào đại chúng từ những cá nhân dấn thân riêng lẻ, nhưng còn khá khiêm tốn. Việt Nam không nghèo về vật chất, nhưng nghèo về sự hiểu biết, cơ sở hạ tầng tri thức, cơ chế phù hợp làm bàn đạp phát triển khoa học để hội nhập thế giới. Khoa học, cơ bản lẫn ứng dụng, ngắn hạn lẫn dài hạn, chưa được đánh giá đúng mức cho công cuộc công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước và đầu tư thích đáng. Văn hóa khoa học còn quá yếu, lực lượng khoa học quá mỏng. Chưa có đầu tư lớn cho khoa học, giáo dục và truyền bá tinh thần yêu mến khoa học. Nền hành chính còn nặng nề, và chế độ lương bổng bất hợp lí làm cho bao nhiêu giấc mơ khoa học phải kết thúc giữa chừng. Khoa học Việt Nam có thể ví như "chiến tranh du kích" chứ chưa phải là chiến tranh chính quy. Thời đại hiện tại là thời đại cách mạng của khoa học và công nghệ trên phạm vi toàn thế giới. Nhưng Việt Nam chưa có một mệnh lệnh của Khoa học, *Wissenschaft*, như ở nước Đức đầu thế kỉ 19, để phục vụ tổ quốc; chưa có một chương trình cho tài năng Việt Nam cất lên đôi cánh khoa học cùng thế giới. Các nhà khoa học Việt Nam, tài năng không thiếu, nhưng chưa có điều kiện để "sống cuộc đời khoa học"

---

[153] Kim, 59.

(Humboldt). Chưa có trọng tâm phát triển một nền *khoa học quốc gia*, hạt giống trí tuệ của đất nước.

Gia sản văn hóa đượm nét nhân văn của Việt Nam như một tòa lâu đài nhưng được xây dựng trên những cột trụ cát, không phải trên những cột thép vững chắc của khoa học và công nghệ để có thể chống lại những cơn bão thời đại. Sinh mệnh của một dân tộc cuối cùng gắn liền với sinh mệnh của khoa học, công nghệ, và giáo dục có được phát triển hay không. Hãy nhìn lịch sử và sự phát triển của khu vực, của thế giới. Sự vươn lên khủng khiếp của Trung Quốc là một sự "phá vỡ đối xứng" cận kề mà Việt Nam chưa biết ứng phó ra sao.

Chúng ta hãy nghe hai câu chuyện sau đây do nhà vật lí giải Nobel I. I. Rabi kể lại để thấy các xã hội phương Tây quý trọng khoa học dường nào, vượt lên biên giới quốc gia và cả sự thù địch của thời chiến. Ngày 10 tháng 3 năm 1779, Benjamin Franklin gửi một thông điệp trong đó có phần sau đây, "Gửi các Thuyền trưởng và Chỉ huy trưởng của những chiếc tàu có trang bị vũ khí hiện đang trong trình trạng chiến tranh với Anh quốc":

> "Quý vị, một chiếc tàu được trang bị của Anh quốc trước khi cuộc chiến này xảy ra, nhằm thực hiện những cuộc khám phá trong các vùng biển mới, dưới sự điều khiển của nhà hàng hải và nhà khám phá nổi tiếng nhất: Thuyền trưởng Cook; một hành động tự nó đáng được tán dương, bởi sự tăng trưởng kiến thức địa lí sẽ tạo điều kiện tốt cho sự trao đổi thông tin giữa các quốc gia ở xa nhau, và tự bản thân, cho sự mở rộng nghệ thuật, qua đó các sự hưởng đời được nhân lên và tăng lên, và khoa học các loại khác phát triển vì lợi ích của nhân loại nói chung, cho nên chúng tôi gửi gắm đến quý vị, rằng trong trường hợp chiếc tàu đã nói lỡ có rơi vào tay của các vị, thì quý vị không nên xem nó là kẻ thù, không gây ra mọi sự cướp bóc những vật dụng trong đó, cũng không nên ngăn chặn sự trở về Anh tức khắc của nó."

Một sự kiện nữa đã xảy ra trong thời các cuộc chiến tranh của Napoleon. Để đánh giá đầy đủ sự kiện, Rabi viết, quý vị nên nhớ lại với sự khủng khiếp nào mà Anh quốc đã nhìn Napoleon cũng như tất cả hoạt động của

ông ta; và ngược lại với sự đắng cay nào mà Napoleon đã nhìn Anh quốc như kẻ thù không thể khuất phục được. Nhưng rồi, "Tháng 10 năm 1813, Sir Humphry Davy nhận được phép từ Napoleon để đi thăm nước Pháp một vòng, và cùng với ngài Michael Faraday. Họ đến Paris vào ngày 27 tháng 10, và vào ngày 2 tháng 11, Davy dự buổi gặp gỡ với "Đệ nhất hạng" (first class, gồm những nhà vật lí và toán học hàng đầu nhất) của Institut de France (tổ chức bao gồm các Hàn lâm viện). Ngày 13 tháng 11 năm 1813, ông được bầu gần như nhất trí làm thành viên liên kết của Đệ nhất hạng Institut de France."[154]

Hai ví dụ này cho thấy sự trân trọng khoa học và những nhà khoa học ở những chính khách quyền lực bậc nhất thế giới phương Tây vượt lên sự thù địch ngay cả trong thời chiến, lúc người ta dễ đồng hóa mọi thứ, kể cả khoa học của nước thù địch, là những thứ cần bị tiêu diệt. Khoa học không có biên giới, là tài sản phổ quát của nhân loại. Khoa học làm lợi cho những ai biết sử dụng nó.

Nhà vật lí Áo vĩ đại Ludwig Boltzmann khi đến California đầu thế kỉ 20 đã được tham quan chiếc kính viễn vọng lớn ấn tượng của Đài thiên văn Lick ở San Jose, đài này được tài trợ bởi nhà triệu phú James Lick, hoàn thành trong năm 1888. Ông rất thán phục và có ấn tượng mạnh mẽ về nhà triệu phú này, ông gọi James Lick là một "nhà lí tưởng" (idealist). Ông nói:

> *"Hạnh phúc thay cho đất nước mà ở đó các nhà triệu phú có lí tưởng, và ở đó các nhà lí tưởng trở thành những nhà triệu phú."*

Bao giờ Việt Nam mới trở thành một đất nước như thế? Bao giờ những giá trị đích thực của khoa học, công nghệ và giáo dục được trân trọng như thế?

Đối với Hạt Higgs, một số nhà khoa học Việt Nam đang cố gắng giới thiệu công trình thế kỉ này vào cộng đồng Việt Nam trong năm 2014, như cuốn Kỉ yếu Hạt Higgs này, hay một tác phẩm khác của Jim Baggott đang được dịch. Họ muốn chia sẻ vẻ đẹp cao cả của khoa học với cộng đồng, muốn "*thông tin và truyền cảm hứng*". Nhưng đó là những nỗ lực quá ít ỏi so

---

[154] Rabi, 14-16.

với những sách vở tràn ngập mà thế giới đang có về chủ đề. Có một khoảng cách tri thức ghê gớm giữa ta và thế giới.

Hiện nay Nhật Bản có rất nhiều triển vọng đăng cai thành công việc xây dựng một máy gia tốc tuyến tính quốc tế (International Linear Collider, ILC) trị giá 8 tỉ Đô la tại Kitakami tỉnh Iwate, cách 400km về phía bắc Tokyo. Châu Á có sự thâm hụt trong lĩnh vực này. Máy gia tốc ILC sẽ là kế tiếp máy LHC của CERN, có thể nghiên cứu hạt Higgs và các tính chất của nó. Thị trường chứng khoán Nhật Bản tăng giá trong tháng 9 năm 2013 khi kế hoạch đăng cai xây dựng ILC được ủng hộ bởi một thông báo chung của nhóm Vật lí năng lượng cao châu Á-Thái Bình Dương gồm các nhà vật lí từ Úc, Trung Quốc, Ấn Độ, Nhật Bản, Hàn Quốc và Đài Loan, và bởi Ủy ban châu Á các máy gia tốc tương lai, ủng hộ các cơ sở xây dựng máy gia tốc tại châu Á, Châu Đại Dương (gồm Úc châu và các đảo trong khu vực) và Trung Đông. Thông báo chung bày tỏ kì vọng rằng ILC là "một máy va chạm electron-positron" hứa hẹn để thực hiện những mục tiêu vật lí thế hệ tới. Dự kiến máy gia tốc sẽ được xây dựng xong trong thập kỉ 2020. Thế vận hội thế giới 2020 rồi tiếp đến ILC chẳng phải là những kì vọng mới của đất nước Phù Tang để tạo thêm động lực phát triển và hứng khởi cho thanh niên hay sao? Nếu thành công, một lần nữa ánh sáng sẽ được mang về châu Á-Thái Bình Dương.[155] Hi vọng nó sẽ kích thích ngành khoa học cơ bản của vùng và của Việt Nam hơn. Còn khoảng 17, 20 năm nữa cho Việt Nam chuẩn bị, sau khi đã mất hàng trăm năm.

Lời quê chắp nhặt dông dài
"Mua vui" cũng được một vài trống canh.

(Nguyễn Du)

Hè California và
TP Hồ Chí Minh, mùa giải Nobel 2013

Tác giả chân thành cảm ơn các anh chị và các bạn đã giúp đỡ về phần tư liệu, trong đó có Mai Nguyễn ở California, người kiên trì giúp phần

---

[155] Theo physicsworl. com, volume 26 No 10 October 2013, tr. 8-9.

lôgistic toàn bộ sách vở; tiếp đến các anh Khoa, Hân, Vinh, Long, Triết, Quân ở Đại học Bristol, Đặng Đình Thi; ở Đại học Austin Nguyễn Hồng Phúc và Nguyễn Tiến Bình; ở Sài gòn Nguyễn Văn Nghị. Tất cả sự giúp đỡ là rất quý báu.

Tài liệu tham khảo:

1. Aczel, Amir D., *Present at the Creation. Discovering the Higgs Boson*. Broadway Paperbacks, 2010, Newly Updated Edition.

2. Allday, Jonathan (2002), *Quarks, Leptons and the Big Bang*. Institute of Physics Publishing Bristol and Philadelphia. Second edition.

3. Anderson, Philip W., *More and Different. Notes from a thoughtful curmudgeon*. World Scientific, 2011.

4. Baggott, Jim (2004), *Beyond Measure. Modern Physics, Philosophi and the Meaning of Quantum Theory*. Oxford Univesity Press, Reprint, 2012.

5. Baggott, Jim (2011), *The Quantum Story. A History in 40 Moments*. Oxford University Press.

6. Baggott, Jim (2012), *The Invention & Discovery of the "God Particle" HIGGS*. Foreword by Steven Weinberg. Oxford University Press.

7. Barnett, R. Michael et al., *The Charm of Strange Quarks: Mysteries and Revolutions of Particle Physics*. Springer, 2002.

8. Bernstein, Jemery, *A Palette of Particles*. The Belknap Press of Harvard University Press, 2013.

9. Bersanelli, Marco & Gargantini, Mario, *From Galileo to Gell-Mann. The Wonder That Inspired The Greatest Scientists of All Time*. Templeton Press, 2009.

10. Brian, Denis, *The Voice of Genius. Conversations with Nobel Scientists and Other Luminaries*. Perseus Publishing, 1995.

11. Brockman, John, *The Third Culture. Beyond the Scientific Revolution*. Simon & Schuster, 1995.

12. Bryson, Bill, *A Short History of Almost Everything*. Broadway Books, 2005.

13. Carroll, Sean (2010), *From Eternity to Here. The Quest for the Ultimate Theory of Time*. Plume Book.

14. Carroll, Sean (2012), *The Particle at the End of the Universe. How the hunt for the Higgs boson leads us to the edge of a new world*. Dutton.

15. Cathcart, Brian, *The Fly in the Cathedral. How a group of Cambridge scientists won the international race to split the atom*. Farrar, Straus and Giroux (FSG), 2004.

16. Close, Frank (1989), *The Quark Structure of Matter*. Trong Davies, Paul (ed), *The New Physics*. Cambridge University Press.

17. Close, Frank (2000), *Lucifer's Legacy. The Meaning of Asymmetry*. Oxford University Press.

18. Close, Frank; Marten, Michael; Sutton, Christine, 2002, *The Particle Odyssey. A Journey to the Heart of Matter*. Oxford University Press.

19. Close, Frank (2007), *The New Cosmic Onion. Quarks and the Nature of the Universe*. Taylor & Francis.

20. Close, Frank (2011), *The Infinite Puzzle. Quantum Field Theory and the Hunt for an Oderly University*. Basic Books.

21. Close, Frank (2012), *Particle Physics. A very short introduction*. Oxford University Press (Reprinted with corrections).

22. Cohen-Tannoudji, Gilles & Spiro, Michel, *Le boson et le chapeau mexicain*. Gallimard, 2013.

23. Crease, Robert P., và Mann, Charles C., *The Second Creation. Makers of the Revolution in twentieth-Century Physics. With a new foreword by Timothi Ferris*. Rutgerts University Press, 1996.

24. Crombie, Alistair C., *Von Augustinus bis Galilei*. Dtv Wissenschaftliche Reihe, 1977. English: *The History of Science from Augustine to Galileo*. Dover Publications, 1996.

25. Davies, Paul, *The New Physics: a Synthesis*. Trong Davies, Paul (ed), *The New Physics*. Cambridge University Press, 1989.

26. Dodd, J. E., *The Ideas of Particle Physicis. An Introduction for Scientists*. Cambridge Universtity Press, 1984.

27. Düchting, Hajo, *Kandinsky* 1866-1944. A Revolution in Painting. Taschen, 2000.

28. Einstein, Albert & Infeld, Leopold, *Die Evolution der Physik*. Paul Zsolvay, 1950.

29. Ferris, Timothi, *Coming of Age in the Milky Way*. Perennial, 2003.

30. Feynman, Richard (1963), The Feynman Lectures on Physics. Addison-Wesley Publishing Company. Tái bản 1977.

31. Feynman, Richard (1967), *The Character of Physical Law*. The MIT Press.

32. Fraser, Gordon (1995); Egil Lillestøl và Inge Sellevåg, *The Search for Infinity. Solving the Mysteries of the Universe. Introduction by Stephen Hawking*. Reed International Books.

33. Fraser, Gordon (1997), *The Quark Machines. How Europa fought the Particle Physics War*. The Institute of Physics Publishing, London.

34. Fraser, Gordon (ed.) (1998), *The Particle Century*. IOP Publishing.

35. Fraser, Gordon (2012), *The Quantum Exodus*. Oxford Univesity Press.

36. Fritzsch, Harald, *Vom Urknall zum Zerfall. Die Welt zwischen Anfang und Ende*. SeriePiper, 1987.

37. Gamov, George 1966, *Thirty Years That Shock Physics*. Anchor Books.

38. Gamov, George & Standard, Russell (1999), *The New World of Mr TOMPKINS*. Cambridge University Press.

39. Gardner, Martin (2005), *The New Ambidextrous Universe. Symmetry and Asymetry from Mirror Reflections to Superstrings*. Third revised edition. Dover Publication.

40. Gell-Mann, Murray (1994), *The Quark and the Jaguar. Adventures in the Simple and the Complex*. Holt Paperbacks.

41. Genz, Henning, *Nothingness. The Science of Empty Space*. Basic Books, 1999.

42. Giancoli, Douglas C., *Physics. Principles with Applications*. Sixth Edition. Pearson Prentice Hall, 2008.

43. Glashow, Sheldon L. (with Ben Bova), *Interactions. A Journey Through the Mind of a Particle Physicist and the Matter of this World*. Warner Books, 1988.

44. Gleick, James 1992, *Genius. The Life and Science of Richard Feynman*. Vintage Books.

45. Gleick, James 2003, *Isaac Newton*. Vintage Books.

46. Goldmann Lexikon, *Physik*. Bertelsmann, 1999.

47. Gottfried, Kurt & Victor F. Weisskopf, *Concepts of Particle Physics*. Volume 1. Oxford University Press, 1986.

48. Greene, Brian, *The Fabric of Cosmos*. Alfred A. Knopf, 2004.

49. Griffiths, David J., 2011, *Introduction to Elementary Particles*. Second, revised edition. Wiley-VCH.

50. Griffiths, David J., 2013, *Revolutions in Twentieth-Century Physics*. Cambrigde University Press.

51. Gross, David J., *Gauge theory - past, present and future*. Trong C. S. Liu and S. -T. Yau (eds), *Chen Ning Yang, A Great Physicist of the Twentieth Century*. International Press, 1995. Tr. 147-162.

52. Guth, Alan H., *The Inflationary Universe. The Quest for a New Theory of Cosmic Origins*. Basic Books. 1997.

53. Hazard, Paul, *European Thought in the Eighteenth Century. From Montesquieu to Lessing*. Meridan Books, 1963.

54. Henry, John, *A Short History of Scientific Thought*. Palgrave Mcmillan, 2012.

55. Higgs 1997, *Spontaneous breaking of symmetry and gauge theories*. Trong Hoddeson et al, 506-510.

56. Higgs, Peter, *My Life as a Boson*. Bài nói chuyện tại Kings College London, 24/11/2010.

57. Hoddeson, Lillian/Brown, Laurie/Riordan, Michael, and Dresden, Max (ed.), *The Rise of the Standard Model. Particle Physics in the 1960s and 1970s*. Cambridge University Press, 1999.

58. Hoffmann, Banesh, *The Strange Story of the Quantum*. Dover Publications; 2nd Reissue edition, 2010.

59. Hogan, Craig J., *Das Kleine Buch vom Big Bang*. DTV Verlag, 2000. Tiếng Anh: *The Little Book of the Big Bang*. A Cosmic Primer Copernicus.

60. Holton, Gerald, *The Discontinuity of Science and Culture*. Trong John Brockman (ed), *This Explains Everything*. Harper Perennial, 2013.

61. Huang, Kerson 1995, *Remembering Princeton*. Trong C. S. Liu & S. -T. Yau (eds.), *Chen Ning Yang. A Great Physicist of the Twentieth Century*. International Press. Tr. 163-166.

62. Huang, Kerson(2007), *Fundamental Forces of Nature. Story of Gauge Fields*. World Scientific.

63. Jaspers, Karl, *Einführung in die Philosophie*. Piper, 1955.

64. Johnson, George, *Strange Beauty. Murray Gell-Mann and the Revolution in Twentieth-Century Physics*. Vintage Books, 1999.

65. Kandinsky, Wassily - *Anticipating the Future*: http: //www. artofthefuture. com/Gallery1. html.

66. Kane, Gordon (1996), *The Particle Garden. Our Universe as Understood by Particle Physicists*. Helix Books.

67. Kane, Gordon (2005), *The Mysteries of Mass*. Scientific American, vol. 293, No. 1, pages 40-48. July.

68. Kane, Gordaon (2013), *Supersymmetry and Beyond*. From the Higgs boson to the new physics. Revised edition. Foreword by Edward Witten. Basic Books.

69. Kelly, Kevin, *We are Stardust*. Trong John Brockman (ed), *This Explains Everything*. Tr. 402. Harper Perennial, 2013.

70. Kim, Dong-Won, *Yoshio Nishina. Father of Modern Physics in Japan*. Taylor& Francis, 2007.

71. Kline, Morris, *Mathematics in Western Cultur*. Oxford University Press, 1964.

72. Krauss, Lawrence M., *Quantum Man. Richard Feynman's Life in Science*. Norton, 2011.

73. Lederman, Leon, with Dick Teresi 1993, *The God Particle*. Delta Book.

74. Lederman, Leon M. and Hill, Christopher T. 2004, *Symmetry and the Beautiful Universe*. Prometheus Books.

75. Martin, Brian R., *Particle Physics*. Oneworld, 2011.

76. Mee, Nicholas, *Higgs Force. The Symmetry-Breaking that Makes the World an Interesting Place*. The Lutterworth Press, 2012.

77. Mizuno, Hiromi, *Science for Impire. Scientific Nationalism in Modern Japan*. Stanford University Press, 2009.

78. Nambu, Yoichiro, *Quarks. Frontiers in Elementary Particle Physics*. World Scientific, 1981.

79. Ne'eman, Yuval và Kirsh, Yoram, *The Particle Hunters*. Second Edition. Cambridge University Press, 1996.

80. Nguyễn Xuân Xanh, Kỉ yếu *400 Năm Thiên Văn Học và Galileo Galilei*. Nxb Tri thức, 2009.

81. Nguyễn Xuân Xanh, *EINSTEIN*. Nxb Thành phố HCM, tái bản năm 2011.

82. Oerter, Robert, *The Theory of Almost Everything. The Standard Model, The Unsung Triumph of Modern Physicis*. A Plume Book, 2006.

83. Okakura, Kakuzo, *The Book of Tea*. Dover Publications, 1964.

84. Pais, Abraham, *Inward Bound. Of Matter and Forces in the Physical World*. Oxford University Press, 2002.

85. Pico, Giovanni (della Mirandola), *Oration on the Dignity of Man*. A Gateway Edition. Regnery Publishing, Inc, 1999.

86. Quigg, Chris, *The Coming Revolutions in Particle Physics*. Scientific American, Vol. 298, No. 2, pages 46-53. February 2008.

87. Randall, Lisa (2006), *Warped Passages. Unraveling the Mysteries of the Universe's Hidden Dimensions*. Harper Perennial.

88. Randall, Lisa (2012), *Knocking on Heaven's Door*. Ecco.

89. Randall, Lisa (2013a), *the Higgs mechanism*. Trong John Brockman (ed), *This Explains Everything*. HarperPerennial.

90. Randall, Lisa (2013b), *Higgs Discovery. The Power of Empty Space*. Ecco/ HarperCollins.

91. Rabi, I. I., *My Life and Times as a Physicist*. Claremont College, California, 1960.

92. Riordan, Michael, *The Hunting of the Quark. A True Story of Modern Physics.* A Touchstone Book, 1987.

93. Sample, Ian, *Massive. The Missing Particle That Sparked the Greatest Hunt in Science*. Basic Books, 2010.

94. Salam Abdus, *Overview of Particle Physics.* Trong Davies, Paul (ed), *The New Physics*. Cambridge University Press, 1989.

95. Schumm, Bruce A., *Deep Down Things. The Breathtaking Beauty of Particle Physics.* The Johns Hopkins University Press, 2004.

96. Schweber, Silvan (1999), *A Historical Prespective on the Rise of the Standard Model*. Trong Hoddeson et al. (ed.), *The Rise of the Standard Model. Particle Physics in the 1960s and 1970s*. Cambridge University Press, 1999.

97. Schweber, Silvan (2008), *Einstein & Oppenheimer. The Meaning of Genius.* Harvard University Press.

98. Science News, *Higgs Finally*, số 28 tháng Bảy, 2012.

99. Scientific American, *Extreme Physics. Probing the Mysteries of the Cosmos.* Special Edition, Summer 2013.

100. Smetham, Graham, *Quantum Buddhism and the Higgs Discovery. The Power of Emptiness*. Shunyata Press, 2013.

101. Snow, C. P., *The Two Cultures*. Cambridge University Press, 1998.

102. Simonyi, Károly, *A Cultural History of Physics*. A K Peters/CRC Press, 2012.

103. Taylor, John, *Gauge Theories in Particle Physics*. Trong Davies, Paul (ed), *The New Physics*. Cambridge University Press, 1989.

104. Weinberg, Steven (1994), *Dreams of a Final Theory. The Scientist's Search for the Ultimate Laws of Nature*. Vintage, 3rd edition.

105. Weinberg, Steven (1995), *Night Thoughts of a Quantum Physicist*. Bulletin of the American Academy of Arts and Sciences, Vol. 49, No. 3 (Dec), pp. 51-64.

106. Weinberg, Steven (2003), *The Discovery of Subatomic Particles*. Revisited Edition. Cambridge University Press.

107. Weinberg, Steven (2004), *The Making of the Standard Model*. Trong arXiv: hep-ph/0401010v1

108. Weinberg, Steven (2008), *From BCS to LHC*. Trong Gorden Kane & Aaron Pierce (ed.), *Perspectives on LHC Physics*, tr. 133-142. World Scientific.

109. Weinberg, Steven (2011), *Symmetry: A "Key to Nature's Secrets"*. http: //

www. nybooks. com/articles/archives/2011/oct/27/symmetry-key-natures-secrets/

110. Weinberg, Steven (2013), *Physics: What we do and Don't Know.* http: // www. nybooks. com/articles/archives/2013/nov/07/physics-what-we-do-and-dont-know/

111. Wigner, Eugene, *The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences.* Trong Communications in Pure and Applied Mathematics, vol. 13, No. I (February 1960). New York: John Wiley & Sons, Inc.

112. Wilczek, Frank 2008, *The Lightness of Being. Mass, Ether, and the Unification of Forces.* Basic Books. Về *Nguồn gốc của Khối lượng* có một version ngắn của Wilczek trên mạng: *The Origin of Mass*: http: //www. frankwilczek. com/Wilczek_Easy_Pieces/342_Origin_of_Mass. pdf.

113. Wilczek, Frank 2013, *Simplicity*. Trong John Brockman (ed), *This Explains Everything*. Harper Perennial.

114. Yau, Shing-Tung & Steve Nadis (2010), *The Shape of Inner Space. String Theory and the Geometry of the Universe's Hidden Dimensions.* Basic Books.

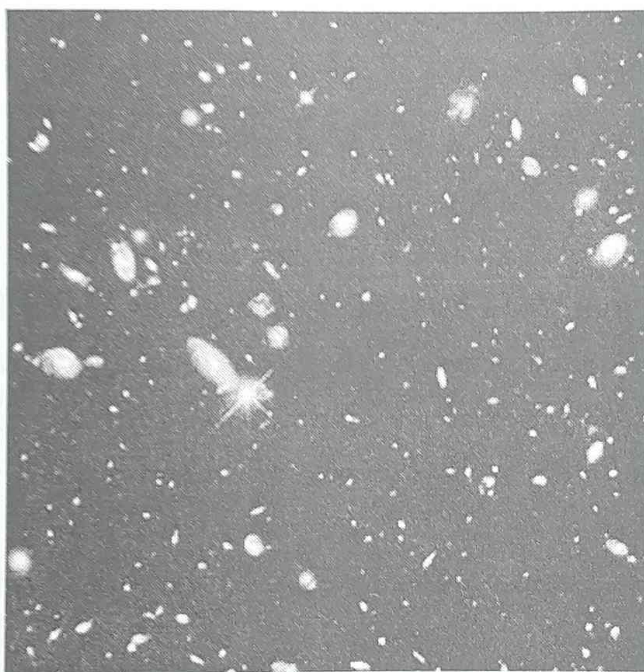
115. Yau, Shing-Tung (2013), *Mathematical Object or Natural Object*? Trong John Brockman (ed), *This Explains Everything*. Harper Perennial.

116. Yukawa, Hideki, *Creativity and Intuition*. Kodansha America, Inc; 1st edition, 1978.

117. Zee, Anthony, *Fearful Symmetry. The search for beauty in modern physics.* With a new foreword by Roger Penrose. Princeton University Press, 2007.

Vật lí:
NHỮNG GÌ CHÚNG TA BIẾT VÀ CHƯA BIẾT

Steven Weinberg



Đây là hình ảnh của một phần nhỏ bầu trời, bằng khoảng 1/30 đường kính góc của trăng rằm, do kính thiên văn không gian Hubble chụp vào tháng 12 năm 1995 (thường được gọi là Hubble Deep Field), với thời gian lộ sáng 10 ngày, cho thấy quang cảnh "sâu nhất từng có" của vũ trụ. Các thiên hà trong bức ảnh này chạy ra xa nhau khiến cho ánh sáng phát ra từ chúng phải mất thời gian gần bằng lịch sử của vũ trụ mới đến được với chúng ta.

Trong 50 năm qua, hai nhánh lớn của khoa học vật lí, mỗi nhánh đều đã có những bước chuyển có ý nghĩa lịch sử. Vũ trụ học cũng như vật lí các hạt cơ bản vào đầu những năm 1960 vẫn còn là mớ lộn xộn những phỏng đoán mâu thuẫn. Nhưng giờ đây trong mỗi lĩnh vực chúng ta đều có một lí thuyết đã được chấp nhận rộng rãi, được biết dưới cái tên Mô hình Chuẩn.

Vũ trụ học và vật lí các hạt cơ bản nghiên cứu từ những khoảng cách lớn nhất đến những khoảng cách nhỏ nhất, và đều có những kiến thức đáng tin cậy. Nhà vũ trụ học nhìn ra chân trời vũ trụ, cái khoảng cách xa nhất mà ánh sáng có thể đã du hành từ khi vũ trụ trở nên trong suốt đối với ánh sáng trên 10 tỉ năm trước, trong khi nhà vật lí hạt khám phá những khoảng cách nhỏ hơn nhiều so với hạt nhân nguyên tử. Thế nhưng các Mô hình Chuẩn đã luôn hoạt động tốt - chúng cho phép chúng ta đưa ra những tiên đoán có độ chính xác cao, và phù hợp với quan sát.

Tới một thời điểm nào đó, những câu chuyện về vũ trụ học và vật lí hạt có thể được kể một cách độc lập. Mặc dù, cuối cùng, chúng sẽ nhập lại với nhau.

1.

Vũ trụ học khoa học khởi đầu từ những năm 1920. Khi đó người ta đã phát hiện ra rằng những đám mây nhỏ luôn quan sát thấy ở những vị trí cố định giữa các ngôi sao thực ra là những thiên hà xa xôi, giống như dải Ngân hà của chúng ta, mỗi thiên hà chứa tới hàng tỉ ngôi sao. Khi đó, người ta còn khám phá ra rằng các thiên hà chạy ra xa chúng ta và ra xa nhau. Trong hàng chục năm, các nghiên cứu vũ trụ học hầu như chỉ tập trung xác định tốc độ dãn nở của vũ trụ và đo đạc xem nó thay đổi như thế nào.

Thật lạ là người ta ít chú ý tới một kết luận khá hiển nhiên: nếu như các thiên hà chạy ra xa nhau, thì chắc phải có thời gian trong quá khứ tất cả đều co cụm lại. Từ tốc độ dãn nở đo được, người ta kết luận rằng thời gian đó là khoảng vài tỉ năm về trước. Những tính toán vào cuối những năm 1940 chứng minh rằng vũ trụ sơ khai phải rất nóng, bởi nếu không toàn bộ hydrogen trong vũ trụ sẽ kết hợp với các nguyên tố nặng hơn (trong khi hydrogen lại là nguyên tố phổ biến nhất hiện nay). Vật chất nóng thì bức xạ ra ánh sáng, ánh sáng này sẽ tồn tại đến ngày nay như một cái nền tĩnh nhợt nhạt của bức xạ vi ba bị sự dãn nở của vũ trụ làm cho lạnh đi, chỉ khoảng vài ba độ trên độ không tuyệt đối[1].

---

[1] Bức xạ được cho là có một nhiệt độ nào đó, nếu như năng lượng của nó trong một đơn vị thể tích ở mỗi bước sóng giống hệt như bức xạ trong một hốc có thành được giữ ở nhiệt độ đó. Bức xạ này chủ yếu là ánh sáng thấy được nếu

Khi đó không có một nghiên cứu nào về bức xạ nền vi ba vũ trụ còn sót lại và rồi tiên đoán ấy đã bị người ta quên lãng. Trong khi đó, một số nhà lí thuyết thậm chí còn tư biện rằng vũ trụ ở trong trạng thái dừng, nó luôn luôn nhìn tựa như nhau, với vật chất mới liên tục được tạo ra để lấp đầy những chỗ trống do các thiên hà chạy ra xa nhau gây nên.

Kỉ nguyên hiện đại của vũ trụ học được bắt đầu vào 48 năm trước với một phát hiện tình cờ ra bức xạ nền vi ba vũ trụ. Vậy đã là quá nhiều đối với vũ trụ học trạng thái dừng, vì như thế là *đã có* một vũ trụ sơ khai. Từ giữa những năm 1960, bức xạ vi ba này đã được nghiên cứu một cách ráo riết, với những vệ tinh không người lái trên quỹ đạo cũng như những kính thiên văn vô tuyến lớn đặt trên mặt đất. Nhiệt độ hiện nay của bức xạ này là 2.725 độ trên không độ tuyệt đối. Khi con số này được dùng để tính toán sự hình thành của hạt nhân nguyên tử trong 3 phút đầu tiên sau Vụ nổ lớn, độ phổ biến hiện nay của các nguyên tố nhẹ (như hydrogen, helium, và lithium) được tiên đoán là khá phù hợp với quan sát (các nguyên tố nặng hơn được tạo ra trong các ngôi sao).

Quan trọng hơn phép đo giá trị chính xác của nhiệt độ là phát hiện vào năm 1977 rằng nhiệt độ của bức xạ vi ba không như nhau trên khắp bầu trời. Có những biến thiên nhỏ về nhiệt độ, tăng giảm khoảng 1/100.000. Điều đó không hoàn toàn là một bất ngờ. Hẳn phải có những biến thiên như vậy, do những u nhỏ trong vật chất của vũ trụ sơ khai gây ra, chúng cần được dùng như những hạt giống cho sự kết tụ vật chất sau này do lực hấp dẫn để tạo thành các thiên hà.

Những u và gợn sóng này có được là do những sóng âm hỗn độn trong vật chất của vũ trụ sơ khai. Chừng nào nhiệt độ của vũ trụ còn cao hơn 3.000 độ, thì các electron trong vật chất nóng đó còn tự do, liên tục làm tán xạ bức xạ sao cho sự tăng áp và giảm áp trong sóng âm tạo ra sự biến thiên tương ứng trong cường độ của bức xạ. Chúng ta không thể nhìn trực tiếp vào thời kì đó, bởi vì tương tác của bức xạ và các electron tự do làm cho vũ

---

nhiệt độ của nó khoảng vài ngàn độ, là ánh sáng hồng ngoại nếu nhiệt độ của nó là cái chúng ta đã quen trong cuộc sống hằng ngày, và là bức xạ vi ba nếu nhiệt độ của nó là vài ba độ trên độ không tuyệt đối.

trụ không trong suốt, nhưng khi vũ trụ lạnh tới 3.000 độ thì các electron sẽ bị giữ chặt trong các nguyên tử hydrogen, và vũ trụ trở nên trong suốt. Bức xạ hiện nay vào thời gian đó vẫn tồn tại, bị làm lạnh bởi sự dãn nở sau đó của vũ trụ, nhưng vẫn còn mang dấu vết của sóng âm choán đầy vũ trụ trước khi nó trở nên trong suốt.

Những quá trình vật lí đó không tránh khỏi đã được quan sát và nghiên cứu về mặt lí thuyết một cách ráo riết. Những nghiên cứu đó đã chứng minh rằng vũ trụ đột ngột trở nên trong suốt vào khoảng 380.000 năm sau khi tạo thành các hạt nhân nguyên tử. Từ những chi tiết quan sát được trong các gợn sóng của bức xạ nền vũ trụ, ta có thể tính được độ phổ biến của các loại hạt cơ bản khác nhau xuất hiện trong thời gian trước khi vũ trụ trở nên trong suốt.

Những kết quả đó đã hé lộ một bí ẩn: các hạt mà chúng ta đã biết chưa đủ để giải thích được khối lượng của vật chất nóng mà trong đó sóng âm cần truyền qua. 5/6 vật chất trong vũ trụ là "vật chất tối", loại vật chất không phát xạ cũng không hấp thụ ánh sáng. Sự tồn tại của nhiều vật chất tối như thế trong vũ trụ hiện nay có thể suy ra từ thực tế là các cụm thiên hà gắn kết với nhau bởi lực hấp dẫn bất kể tốc độ ngẫu nhiên rất cao của các thiên hà trong cụm đó. Vậy vật chất tối là gì? Các lí thuyết bàn về nó thì rất nhiều, nhiều dự án cũng đang được tiến hành nhằm bắt được các hạt vật chất tối trong môi trường xung quanh cũng như các dấu vết của quá trình hủy của chúng trong các detector trên mặt đất, hoặc nhằm tạo ra vật chất tối trong các máy gia tốc. Nhưng cho đến nay vật chất tối vẫn chưa được tìm thấy, và cũng chẳng ai biết nó là gì.

Các nhà thiên văn vẫn theo đuổi một chương trình cũ là lập bản đồ tốc độ chạy ra xa chúng ta và ra xa nhau của các thiên hà. Công trình của họ đã dẫn tới một phát minh lớn. Một giả thiết rất tự nhiên là cho rằng sự dãn nở của vũ trụ sẽ chậm lại do lực hấp dẫn giữa các thiên hà, tựa như một hòn đá được ném lên sẽ chuyển động chậm lại do lực hấp dẫn của Trái Đất. Một câu hỏi lớn luôn được đặt ra là: liệu sự dãn nở của vũ trụ cuối cùng có dừng lại và đi theo chiều ngược lại giống như hòn đá sẽ rơi trở lại mặt đất, hay, mặc dù có chậm lại, nhưng sẽ tiếp tục dãn nở mãi

mãi, giống như hòn đá được ném lên với lực đủ mạnh để thoát khỏi lực hấp dẫn của Trái Đất?

Năm 1998, dùng độ sáng biểu kiến của các ngôi sao bùng nổ để đo khoảng cách tới các thiên hà xa, hai nhóm nhà thiên văn đã tìm ra rằng sự dãn nở của vũ trụ hoàn toàn không chậm mà lại còn *tăng tốc*. Theo các quy tắc của thuyết tương đối rộng, thì điều này chỉ có thể giải thích bằng một năng lượng không được chứa trong khối lượng của một loại hạt tối hoặc không, mà trong một "năng lượng tối" cố hữu trong chính không gian, nó tạo ra một loại phản hấp dẫn đẩy các thiên hà ra xa nhau.

Từ những phép đo đó, và cũng từ những nghiên cứu về tác dụng của sự dãn nở của vũ trụ đến bức xạ nền vi ba vũ trụ, người ta đã phát hiện ra rằng giờ đây năng lượng tối tạo nên khoảng 3/4 tổng năng lượng của vũ trụ. Chúng ta cũng đã biết rằng vũ trụ dãn nở khoảng 13,8 tỉ năm từ lúc nó trở nên trong suốt. Vậy là giờ đây chúng ta đã có một mô hình vũ trụ chuẩn: vũ trụ dãn nở của chúng ta hầu như là năng lượng tối và vật chất tối. Trong sự tăm tối đó có một sự pha trộn nhỏ, chỉ vài phần trăm, đó là vật chất thông thường làm nên các ngôi sao, các thiên hà và con người chúng ta.

2.

Lịch sử của vật lí hạt cơ bản lại đi theo một hành trình rất khác vũ trụ học. Khoảng 50 năm trước, chúng ta không bị thiếu số liệu, nhưng lại bị ngập trong những số liệu không sao hiểu nổi. Sự tiến bộ, khi xuất hiện, thường lại được khởi phát bởi những bước tiến về lí thuyết, còn thực nghiệm đóng vai trò kiểm chứng các lí thuyết cạnh tranh nhau và đôi khi cung cấp những bất ngờ lành mạnh.

Vào cuối những năm 1940, chúng ta đã có lí thuyết chuẩn xác về loại lực tác dụng lên các hạt cơ bản, như các electron chẳng hạn - lực điện từ. Lí thuyết này - điện động lực học lượng tử - là một ví dụ cụ thể của một lớp chung có tên là các lí thuyết trường lượng tử. Nói cụ thể, những đại lượng xuất hiện trong các phương trình cơ bản giống như nước choán đầy đường ống. Còn các hạt cơ bản là thứ cấp, chúng là "lượng tử" của các trường, là

các bó năng lượng và xung lượng của trường, giống như những xoáy trong nước. Ví dụ, photon - các hạt ánh sáng không khối lượng - là các lượng tử của trường điện từ và electron là các lượng tử của trường electron.

Những tính toán trong điện động lực học lượng tử có thể được thực hiện với độ chính xác rất cao, bởi vì lực điện từ khá yếu. Tốc độ của một quá trình bất kì trong lí thuyết trường lượng tử được cho bởi một tổng mà mỗi số hạng của nó tương ứng với một dãy khả dĩ các bước trung gian mà theo đó quá trình có thể xảy ra. Ví dụ, khi hai electron va chạm nhau, một electron có thể phát ra một photon và electron kia hấp thụ photon đó, hoặc một electron có thể phát ra hai photon và hai photon này bị electron kia hấp thụ giống hệt như trên hoặc theo thứ tự ngược lại, hoặc một electron phát ra hai photon trong đó một bị electron phát ra nó hấp thụ và một bị hấp thụ bởi một electron khác, v.v.

Luôn có vô hạn các kịch bản như vậy và điều này, nói chung, làm cho ta không thể tính toán chính xác được. Nhưng khi các lực yếu, những đóng góp chính cho tính toán tốc độ của quá trình đều là của những kịch bản đơn giản nhất. Việc bỏ đi tất cả trừ một ít số hạng có đóng góp lớn nhất đã cho chúng ta những kết quả phù hợp một cách đáng kinh ngạc với thực nghiệm. Chúng tôi, 50 năm trước, đã mơ ước tìm ra một lí thuyết trường lượng tử bao quát hơn có thể mô tả tất cả các hạt và lực trong tự nhiên một cách chính xác như là điện động lực học lượng tử đã mô tả photon và electron. Và thực tế, điều đó đã (phần nào) diễn ra như vậy.

Nhưng phải mất một thời gian dài. Có một lực khác, thậm chí còn yếu hơn lực điện từ, gọi là lực hạt nhân yếu, đó là lực thỉnh thoảng biến một neutron trong hạt nhân nguyên tử thành proton hoặc ngược lại. Vào những năm 1950, những nghiên cứu về phóng xạ đã dẫn tới một lí thuyết trường lượng tử của lực hạt nhân yếu, có thể giải thích được những số liệu thực nghiệm hiện có. Nhưng khó khăn là ở chỗ, khi áp dụng để tính toán các quá trình lạ (*exotic*) mà vì những lí do thực tiễn không thể nghiên cứu bằng thực nghiệm, lí thuyết này lại cho những kết quả vô hạn, một điều rõ ràng là vô nghĩa. Thực ra, những đại lượng vô hạn như vậy người ta đã từng gặp trong những ngày đầu của điện động học lượng tử, nhưng các

nhà lí thuyết nhận ra rằng tất cả các vô hạn này có thể triệt tiêu hết[2], nếu chúng ta định nghĩa lại khối lượng và điện tích của electron (thủ tục gọi là "sự tái chuẩn hóa"). Nhưng sự triệt tiêu như vậy dường như lại là không thể đối với lực hạt nhân yếu.

Lời giải đã được tìm thấy vào cuối những năm 1960 là một lí thuyết trường lượng tử mới của lực hạt nhân yếu. Lí thuyết này không chỉ rập khuôn theo điện động lực học lượng tử mà còn gộp cả điện động lực học lượng tử vào như một trường hợp riêng của nó. Cũng như các lực điện từ được truyền bởi sự trao đổi photon, lực hạt nhân yếu trong lí thuyết "điện-yếu" được truyền bởi các hạt liên quan có tên W^+, W^- và Z^0.

Những tư biện loại này đã vấp phải một khó khăn hiển nhiên: các photon không có khối lượng, còn các hạt mới như W^+, W^- và Z^0 sẽ phải rất nặng, vì nếu không chúng đã được phát hiện ra từ hàng chục năm trước. Bởi hạt càng nặng thì cần có năng lượng càng cao để tạo ra nó trong máy gia tốc hạt và do vậy máy gia tốc càng phải đắt tiền. Đã vậy, ở đây vẫn tồn tại dai dẳng vấn đề vô hạn. Giải pháp cho những vấn đề này nằm trong ý tưởng về đối xứng bị phá vỡ, ý tưởng đã được phát triển và ứng dụng thành công trong lĩnh vực vật lí hạt từ năm 1960. Những phương trình của một lí thuyết có thể sẽ đơn giản hơn, chẳng hạn như các mối quan hệ giữa photon, W^+, W^- và Z^0 sẽ không xuất hiện trong nghiệm của các phương trình mô tả những cái mà chúng ta thực sự quan sát được[3]. Trong lí thuyết điện-yếu, có một đối xứng chính xác giữa lực yếu và lực điện từ làm cho các hạt W^+, W^- và Z^0 không có khối lượng, nếu như đối xứng đó chưa bị phá vỡ bởi bốn trường "vô hướng"[4] giả thuyết thấm đẫm vũ trụ. Chính các hạt W^+, W^- và Z^0 cũng như electron đã nhận được khối lượng từ bốn trường đó.

---

[2] Tức là một số đóng góp vào tốc độ hoặc năng lượng là dương và vô hạn trong khi một số đóng góp là âm và vô hạn, nhưng tổng của chúng là hữu hạn.

[3] Tôi đã bàn về đối xứng bị phá vỡ trong bài "Đối xứng: một chìa khóa đối với các bí mật của tự nhiên", được đăng trên *The New York Review of Books*, 27/10/2011.

[4] Một trường vô hướng là trường không chỉ một hướng nào trong không gian, không giống như từ trường và điện trường luôn có một hướng xác định.

Một hạt mới vừa được phát hiện năm ngoái hóa ra là "lượng tử" đã được tiên đoán của một trong bốn trường không có hướng đó.

Vì các phương trình của lí thuyết điện-yếu tương tự với các phương trình của điện động lực học lượng tử, nên có khả năng tất cả các vô hạn của lí thuyết sẽ bị triệt tiêu hết. Điều này đã được chứng minh vào năm 1971. Những hiệu ứng của sự trao đổi hạt Z^0 đã được phát hiện vào năm 1973, và rất phù hợp với những tiên đoán của lí thuyết điện-yếu. Các hạt W^+, W^- và Z^0 được phát hiện mười năm sau đó, đều có những tính chất mà người ta dự đoán.

Về lực hạt nhân mạnh, lực liên kết các proton và neutron trong hạt nhân nguyên tử, chúng tôi sẽ bàn đến một cách kĩ lưỡng hơn. Năm mươi năm trước, chúng ta đã có một núi số liệu về lực này và chúng ta có thể tưởng tượng được số các lí thuyết trường lượng tử có thể tiềm tàng mô tả được lực đó. Nhưng chúng ta không thể dùng các số liệu đó để chọn ra được một lí thuyết đúng. Vì lực này là mạnh nên mọi dãy khả dĩ của các bước trung gian đều có đóng góp đáng kể vào bất cứ cái gì mà chúng ta tính. Vì vậy, việc cộng các đóng góp đó, dù chỉ là gần đúng thôi, theo cách như chúng ta đã làm trong lí thuyết điện-yếu là hoàn toàn vô vọng.

Còn tồi tệ hơn, theo thời gian, ngày càng có nhiều hạt mới được phát hiện, mà những hạt này đều chịu tác động của lực hạt nhân mạnh. Hàng trăm loại hạt này khó có thể đều là lượng tử của các trường khác nhau, tức là các "bó" năng lượng của các trường đó. Sẽ có ý nghĩa nếu cho rằng tất cả các hạt đó là hợp phần của một số ít hạt thực sự là cơ bản, là các hạt quark. Mỗi proton và neutron trong hạt nhân nguyên tử được cho là tạo ra bởi ba quark. Nhưng nếu quả thật như vậy thì tại sao thực nghiệm lại không thể tìm thấy các hạt quark đó? Tôi còn nhớ rõ một sự hoài nghi rộng khắp rằng các lực mạnh liệu có thể được mô tả bởi một lí thuyết trường lượng tử nào đó hay không?

Sau đó, lí thuyết đúng đã được phát minh vào đầu những năm 1970. Cũng như lí thuyết điện-yếu, lí thuyết mới này rất giống với điện động lực học lượng tử, chỉ khác là đại lượng "màu" thay cho điện tích. Trong lí thuyết này, lí thuyết được biết dưới cái tên sắc động lực học lượng tử, lực mạnh

giữa các quark được tạo ra bằng sự trao đổi tám loại hạt tựa như photon có tên là gluon. Sắc động lực học lượng tử đã giải thích được một kết quả thực nghiệm: tương tác mạnh giữa các quark trở nên yếu hơn khi các quark được nghiên cứu ở những thang khoảng cách tế vi, như khi chúng va chạm với các electron ở năng lượng cao. Sự yếu đi của lực mạnh cho phép ta có thể tiến hành nhiều tính toán gần đúng khác nhau tương tự như trong lí thuyết điện-yếu, và những kết quả thu được phù hợp với thực nghiệm đã khẳng định tính đúng đắn của lí thuyết này.

Các gluon chưa bao giờ được tìm thấy trong bất cứ thực nghiệm nào. Thoạt đầu, người ta cho rằng đó là do khối lượng của các hạt này quá lớn nên chúng không thể được tạo ra trong các máy gia tốc hiện có. Các gluon nhận được khối lượng lớn của chúng thông qua đối xứng bị phá vỡ theo cách hệt như các hạt W^+, W^- và Z^0 nhận được khối lượng trong lí thuyết điện-yếu. Nhưng nếu đúng như vậy thì tại sao chúng ta chưa phát hiện ra các quark? Thật khó để tin rằng các quark rất nặng; chúng không thể nặng hơn nhiều các proton và neutron - những hạt chứa các quark.

Sau đó, một số nhà lí thuyết đưa ra giả thuyết rằng vì lực mạnh trong sắc động lực học lượng tử trở nên yếu ở những thang khoảng cách nhỏ, nên nó có thể trở nên rất mạnh ở các khoảng cách lớn, mạnh đến mức không bao giờ có thể kéo những hạt màu như các quark hay các gluon ra xa nhau được. Chưa có ai chứng minh được bằng toán học rằng điều đó là đúng, nhưng đa số các nhà vật lí đều tin như vậy, và dường như không có triển vọng nào phát hiện được các quark hay gluon cô lập.

Chúng ta đã có Mô hình Chuẩn của các hạt cơ bản. Những thành phần chủ yếu của mô hình này là các trường lượng tử, và các hạt cơ bản khác nhau là lượng tử của các trường đó: photon, các hạt W^+, W^- và Z^0, tám gluon, sáu loại quark, electron và hai loại hạt tương tự, và ba loại hạt gần như không có khối lượng gọi là các neutrino. Các phương trình của mô hình này không còn tùy tiện nữa: chúng bị ràng buộc bởi rất nhiều nguyên lí đối xứng khác nhau và bởi điều kiện triệt tiêu của những vô hạn.

Dù vậy, Mô hình Chuẩn rõ ràng chưa phải là lí thuyết tối hậu. Những phương trình của nó còn liên quan đến nhiều con số như khối lượng của

các quark, chẳng hạn. Những con số này đều phải lấy từ thực nghiệm mà ta không thể hiểu tại sao chúng là như thế. Nếu Mô hình Chuẩn đã là toàn bộ câu chuyện, thì nó đòi hỏi các neutrino phải có khối lượng bằng 0, nhưng thực tế khối lượng của neutrino chỉ rất nhỏ, nhỏ hơn một phần triệu khối lượng của electron. Hơn nữa, Mô hình Chuẩn còn chưa bao hàm được lực quen thuộc nhất và lâu đời nhất, đó là lực hấp dẫn. Chúng ta thường mô tả lực hấp dẫn bằng lí thuyết trường, chính là thuyết tương đối rộng, nhưng đó không phải lí thuyết trường lượng tử mà trong đó các vô hạn bị triệt tiêu như là trong Mô hình Chuẩn.

Từ những năm 1980, một lượng khổng lồ các công trình vô cùng tinh vi về toán học đã được dành để phát triển một lí thuyết lượng tử với những thành phần cốt yếu không phải là các hạt, cũng không phải là các trường mà là các dây nhỏ xíu. Những mode dao động của các dây này được quan sát như các loại hạt cơ bản khác nhau. Một trong những mode đó tương ứng với graviton, lượng tử của trường hấp dẫn. Lí thuyết dây, nếu đúng, sẽ không làm mất giá trị của các lí thuyết trường như Mô hình Chuẩn hay thuyết tương đối rộng; chúng sẽ chỉ còn là *"lí thuyết trường hiệu dụng"*, là những phép gần đúng chỉ dùng được ở những thang khoảng cách và năng lượng mà chúng ta đã có thể khám phá được mà thôi.

Lí thuyết dây là tuyệt diệu bởi nó gộp được trường hấp dẫn mà lại không chứa các vô hạn và cấu trúc của nó bị ràng buộc chặt chẽ bởi những điều kiện về sự nhất quán toán học, và như vậy rõ ràng chỉ có một lí thuyết dây. Mặc dù chúng ta còn chưa biết đến các phương trình chính xác là cơ sở của lí thuyết dây, nhưng có những lí do để tin rằng các phương trình đó có một số rất lớn các nghiệm. Tôi đã là một người hâm mộ của lí thuyết dây, nhưng thật thất vọng khi cho đến nay chưa có ai tìm được một nghiệm của nó phù hợp với thế giới mà chúng ta quan sát thấy.

3.

Những vấn đề của vật lí các hạt cơ bản và của vũ trụ học ngày càng hòa nhập vào nhau. Có một vấn đề kinh điển của vũ trụ học: đó là tại sao vũ

trụ lại gần như đồng đều đến thế? Trong 13,8 tỉ năm, từ khi vũ trụ trở nên trong suốt đã không có thời gian để cho bất cứ một ảnh hưởng vật lí nào kết nối các phần của vũ trụ mà ta thấy theo các hướng ngược nhau và làm cho chúng trở nên đồng nhất về mật độ và nhiệt độ như chúng ta đã quan sát được. Vào đầu những năm 1980, người ta phát hiện ra rằng trong các lí thuyết trường lượng tử khác nhau, trước khi các hạt nhân nguyên tử được tạo thành, đã có một thời kì "lạm phát", trong đó vũ trụ dãn nở theo hàm mũ. Những vùng có độ đồng đều cao nhỏ thì trong quá trình "lạm phát" sẽ dãn nở để trở nên lớn hơn kích thước của vũ trụ quan sát được hiện nay, phần còn lại thì có thể coi là xấp xỉ đồng đều. Điều này có vẻ đậm tính tư biện, nhưng nó lại rất chính xác: những tính toán cho thấy những tăng giảm lượng tử trong thời kì "lạm phát" đã khởi phát một loại sóng âm hỗn độn, khoảng vài trăm ngàn năm sau, mà giờ đây chúng ta vẫn còn thấy dấu vết của các sóng đó trong bức xạ nền vi ba vũ trụ.

Lạm phát theo lẽ tự nhiên là hỗn độn. Các bong bóng tạo nên trong vũ trụ dãn nở, mỗi cái phát triển thành một Vụ nổ lớn hoặc nhỏ, và có lẽ, mỗi bong bóng sẽ có những giá trị khác nhau mà chúng ta thường gọi là các hằng số của tự nhiên. Những cư dân (nếu có) của một bong bóng sẽ không quan sát được những bong bóng khác và vì vậy, đối với họ, bong bóng của họ là toàn bộ vũ trụ. Và cái tập hợp toàn bộ tất cả những vũ trụ đó được gọi là đa vũ trụ.

Các bong bóng nói trên có thể thực hiện được tất cả các nghiệm của các phương trình trong lí thuyết dây. Và nếu điều này đúng thì hi vọng tìm được một sự giải thích hợp lí cho các giá trị chính xác của khối lượng các quark và các hằng số khác của Mô hình Chuẩn mà chúng ta quan sát được trong Vụ nổ lớn sẽ bị tan vỡ hoàn toàn, bởi những giá trị đó chẳng qua chỉ là một sự cố tình cờ của cái phần cụ thể mà trong đó chúng ta sống thuộc đa vũ trụ mà thôi. Chúng ta đành phải hài lòng với cách giải thích vị nhân luận thô sơ đối với một số khía cạnh của vũ trụ mà chúng ta quan sát thấy: mọi sinh linh giống như chúng ta, tức là có khả năng nghiên cứu vũ trụ, phải ở trong một phần của vũ trụ mà ở đó các hằng số tự nhiên cho phép xảy ra quá trình tiến hóa của sự sống và trí tuệ. Thực tế, con người là

thước đo của vạn vật mặc dù không hoàn toàn theo nghĩa mà Protagoras đã ngụ ý.

Cho đến nay, những tư biện mang tính vị nhân luận dường như đã cung cấp một cách giải thích duy nhất về các giá trị quan sát được của năng lượng tối. Trong Mô hình Chuẩn và tất cả các lí thuyết trường lượng tử khác mà ta đã biết, năng lượng tối chỉ là một hằng số của tự nhiên. Nó có thể có một giá trị nào đó. Và nếu như chúng ta không biết được điều gì đó tốt hơn thì chúng ta đành phải chờ đợi rằng mật độ của năng lượng tối sẽ tương tự như các mật độ năng lượng điển hình trong vật lí hạt cơ bản, như mật độ năng lượng trong hạt nhân nguyên tử, chẳng hạn. Nhưng khi đó vũ trụ sẽ dãn nở nhanh đến mức không một thiên hà hay một ngôi sao nào có thể được tạo ra. Còn để cho sự sống có thể tiến hóa được thì năng lượng tối không được lớn hơn nhiều so với giá trị mà chúng ta quan sát được, và cũng không có lí do gì để nó phải nhỏ hơn.

Những cách giải thích mang tính vị nhân luận thô sơ như vậy không phải là những điều mà chúng ta hi vọng trong vật lí, nhưng chúng có thể làm chúng ta an lòng. Khoa học vật lí đã tiến bộ về mặt lịch sử không chỉ bởi đã tìm ra những cách giải thích chính xác các hiện tượng tự nhiên, mà còn bởi đã phát hiện ra những loại sự vật *có thể* giải thích được một cách chính xác. Những thứ đó có thể là ít hơn chúng ta tưởng.

Phạm Văn Thiều dịch

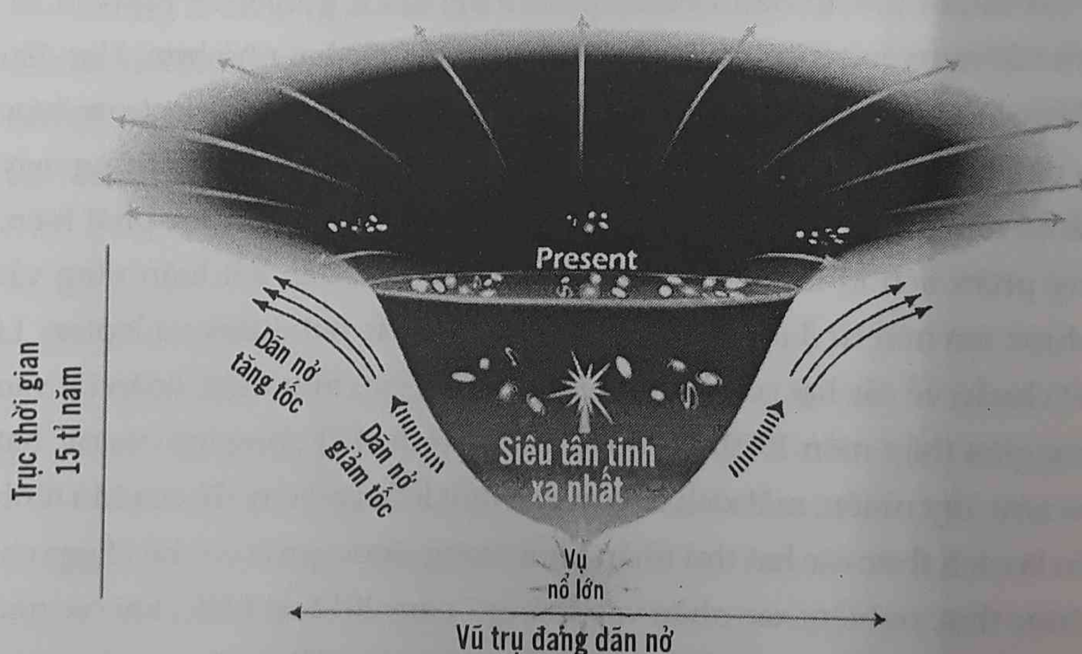
BOSON HIGGS
VÀ LÍ THUYẾT LẠM PHÁT CỦA VŨ TRỤ

Nguyễn Tiến Bình (Tổng hợp và lược dịch)

MỞ ĐẦU

Mặc dù chỉ dựa trên những lập luận trừu tượng mang tính phỏng đoán hơn là từ những bằng chứng thực nghiệm, nhưng ý tưởng cho rằng vật chất xung quanh chúng ta được tạo nên bởi những hạt vô hình đã được hình thành từ thời cổ Hi Lạp. Ý tưởng này thay đổi kể từ đầu thế kỉ 18 khi những quan sát thực nghiệm dẫn đến sự phát triển của lí thuyết về nguyên tử. Thế rồi các nguyên tử hóa ra lại được cấu tạo bởi các hạt nhỏ hơn. Hạt đầu tiên được biết đến và ngày nay vẫn được xem là hạt cơ bản là electron được khám phá bởi J.J Thomson vào năm 1897. Vào giữa thế kỉ 20, với những máy gia tốc có năng lượng ngày càng cao, nhiều hạt cơ bản mới được phát hiện. Những phân tích kĩ lưỡng các thí nghiệm này đưa đến kết luận rằng vật chất được tạo nên từ 3 thế hệ (generation) gồm các hạt quark và lepton. Lí thuyết chuẩn về các hạt cơ bản Mô hình Chuẩn, gần như được hoàn tất vào khoảng giữa thập niên 1970, đã mô tả những tính chất động lực của các hạt cơ bản này. Tuy nhiên, mắt xích cơ bản cho một lí thuyết đầy đủ của Mô hình Chuẩn là cách thức các hạt thu nhận khối lượng được gọi là cơ chế Higgs chỉ mới được thực nghiệm xác nhận vào tháng 7 năm 2012 tại LHC, khi các nhà nghiên cứu tiên đoán sự xuất hiện của hạt tương tự Higgs boson (hạt tựa-boson Higgs). Dù vậy, Mô hình Chuẩn vẫn thất bại khi bao hàm lực hấp dẫn vì tương tác này tuy có thể bỏ qua khi so sánh với những loại lực khác trong Mô Hình nhưng ở cấp độ vĩ mô thì nó lại đóng vai trò quan trọng và không

thể vắng mặt trong một lí thuyết hoàn chỉnh giải thích mọi hiện tượng trong tự nhiên. Lí thuyết mô tả tương tác hấp dẫn ngày nay được chấp nhận rộng rãi là lí thuyết tương đối của Einstein. Những phương trình Einstein cho phép dự đoán khả năng tồn tại một vũ trụ động. Thật vậy, từ năm 1929 chúng ta đã biết rằng con người đang sống trong một vũ trụ dãn nở, và vào năm 1998 chúng ta lại biết rõ hơn rằng vũ trụ đang tăng tốc. Ngược dòng thời gian, chúng ta biết vũ trụ khởi đầu từ một điểm kì dị trong không-thời gian được gọi là Vụ nổ lớn. Theo lí thuyết này, vào thời điểm đó vũ trụ ở nhiệt độ rất cao so với hiện nay. Quá trình thay đổi nhiệt độ của vũ trụ sau thời điểm 10^{-10} giây sau Vụ nổ lớn được hiểu khá rõ bởi sự kết hợp của một số ngành nghiên cứu khác nhau trong Vật lí và Vũ trụ học. Sau thời điểm đó thì do mật độ năng lượng của vũ trụ vô cùng lớn nên Mô hình Chuẩn không còn đáng tin cậy nữa. Điều thú vị là vũ trụ khởi đầu đã để lại dấu vết của nó là tàn dư của bức xạ nền (CMB: Cosmic Microwave Background) và do đó, một nghiên cứu kĩ lưỡng về bức xạ nền có thể đem đến cho chúng ta nhiều điều mới mẻ về những hiện tượng vật lí nằm ngoài Mô hình Chuẩn.



Hình 1. Đồ thị này cho thấy sự thay đổi về tốc độ dãn nở kể từ lúc vũ trụ được sinh ra khoảng 15 tỉ năm trước. Độ sâu càng cạn thì tốc độ dãn nở càng nhanh. Độ sâu thay đổi đáng kể khoảng 7,5 tỉ năm trước đây khi mà những vật thể trong vũ trụ bắt đầu tách rời nhau với tốc độ nhanh hơn. Các nhà vũ trụ học cho rằng tốc độ dãn nở nhanh là do một loại năng lượng tối, bí ẩn đã tác động.

Một số kết quả của lí thuyết chuẩn về một vũ trụ dãn nở đã được công nhận ngay từ thập niên 1970. Trước tiên, bức xạ nền vũ trụ được đo theo mọi hướng hầu như là bằng nhau. Một vấn đề khác là mật độ năng lượng của vũ trụ dường như đã có một giá trị được tinh chỉnh. Nếu giá trị này lớn hay nhỏ hơn một chút thì vũ trụ sẽ ngay lập tức bị sụp đổ hay xé toạc, nhưng cho đến nay vũ trụ đã có hơn 13 tỉ năm tuổi. Dĩ nhiên, điều này có liên quan đến nguyên lí vị nhân (Anthropic principle). Tuy nhiên nguyên lí này lại không mang đến một câu trả lời thỏa đáng. Vào năm 1982, A. Guth đề xuất sự xuất hiện của thời kì bùng nở cực nhanh của vũ trụ ngay sau Vụ nổ lớn như một lời giải cho những vấn đề này. Một khẳng định quan trọng cho sự bùng nở cực nhanh là sự bất biến theo thang độ đo (scale invariance) đã được quan sát thấy trong phân bố mật độ.

Cho dù chúng ta không biết điều gì gây nên thời kì bùng nở cực nhanh của vũ trụ nhưng các nhà vật lí lí thuyết từ lâu đã cho rằng nguyên nhân là do một trường vô hướng lăn chậm (slow rolling) theo một thế năng nào đó. Cơ chế này vẫn được gọi là sự bùng nở lăn chậm (slow rolling inflation). Với sự phát hiện ra hạt tựa-boson Higgs gắn liền với một trường vô hướng vào tháng 7 năm 2012 vừa qua, các nhà vật lí lí thuyết đang đặt nghi vấn: Phải chăng hạt tựa Higgs boson có liên quan đến sự bùng nở cực nhanh của vũ trụ và từ đó có thể tiên đoán được số phận của nó.

LÍ THUYẾT LẠM PHÁT VŨ TRỤ (THE INFLATIONARY UNIVERSE)

Lí thuyết vũ trụ lạm phát (VTLP) đưa vào khái niệm về một thời kì dãn nở cực nhanh (theo hàm mũ) của vũ trụ trong vài khoảnh khắc đầu tiên. Lí thuyết này được khai triển vào khoảng thập niên 1980 nhằm giải thích một số những vấn đề nan giải trong lí thuyết Vụ nổ lớn, trong đó vũ trụ được mô tả như đã dãn nở từ từ theo lịch sử của nó.

Những giới hạn của lí thuyết Vụ nổ lớn

Dù lí thuyết Vụ nổ lớn đã giải thích thành công "phổ vật đen" của bức xạ nền và nguồn gốc của những nguyên tố nhẹ nó vẫn phải đối diện với ba vấn đề quan trọng sau:

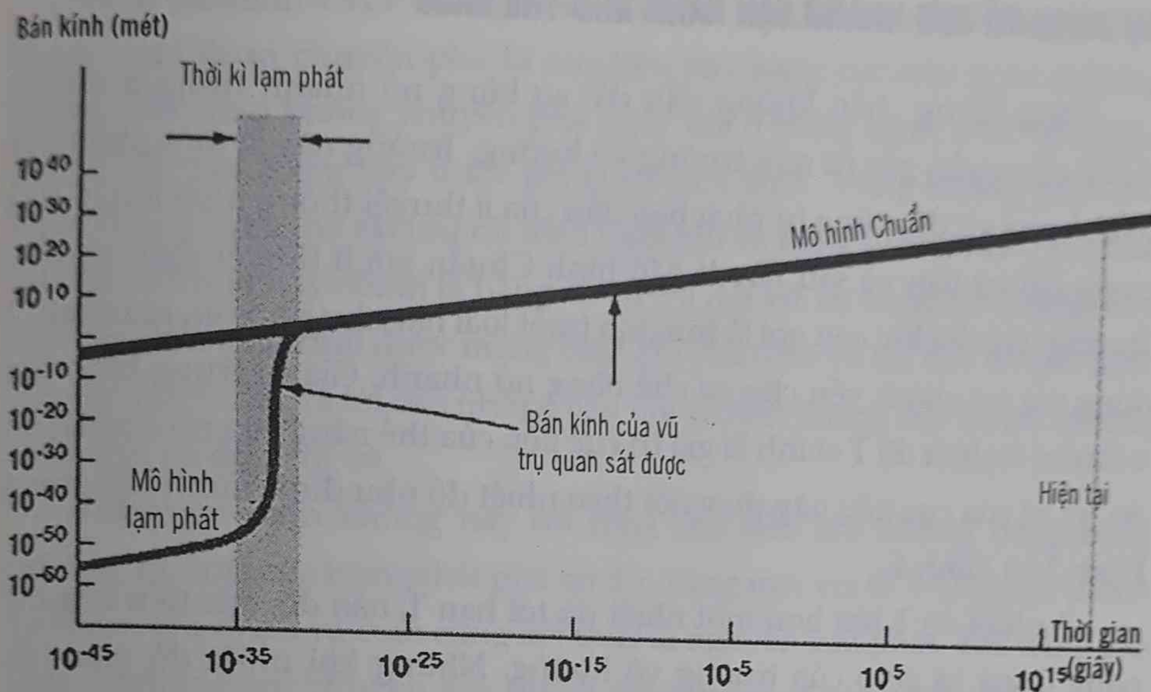
- Vấn đề về tính chất phẳng của vũ trụ (The Flatness Problem): WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe: Vệ tinh đo sự chênh lệch nhiệt độ của CMB) đã xác định hình học của vũ trụ gần như phẳng. Tuy vậy, theo vũ trụ học Vụ nổ lớn thì độ cong của vũ trụ lại tăng theo thời gian. Một vũ trụ được quan sát là phẳng như chúng ta thấy ngày nay đòi hỏi một sự điều chỉnh cực kì tinh vi những điều kiện của vũ trụ trong quá khứ (còn gọi là điều kiện ban đầu). Sự tinh chỉnh này khó có thể là một ngẫu nhiên trùng hợp.

- Vấn đề đường chân trời (The Horizon Problem): Những vùng xa xôi của không gian theo những hướng ngược nhau trong bầu trời rất tách biệt đến mức, theo sự dãn nở của lí thuyết chuẩn Vụ nổ lớn, thì chúng không thể có mối liên hệ nhân quả với nhau. Điều này là do thời gian ánh sáng di chuyển giữa chúng vượt quá tuổi của vũ trụ. Tuy nhiên, tính chất đơn nhất của nhiệt độ bức xạ nền lại cho chúng ta biết rằng những miền này chắc chắn phải có tiếp xúc với nhau trong quá khứ.

- Vấn đề đơn cực từ (The Monopole Problem): Vũ trụ học Vụ nổ lớn tiên đoán rằng có một lượng rất lớn những "đơn cực từ" nặng và bền được tạo ra trong vũ trụ nguyên thủy. Tuy nhiên, những đơn cực từ này chưa bao giờ được quan sát trong vũ trụ hiện nay. Do đó, nếu chúng tồn tại thì chúng phải hiếm hơn nhiều so với những dự đoán của lí thuyết Vụ nổ lớn.

Lí thuyết vũ trụ lạm phát

Lí thuyết VTLP được khai triển bởi Alan Guth, Andrei Linde, Paul Steinhardt và Andy Albrecht đã đưa ra những giải đáp cho những vấn đề nêu trên và cũng đưa ra một số câu hỏi mở trong Vũ trụ học. Lí thuyết này đưa vào một giai đoạn dãn nở cực kì nhanh (theo hàm mũ) của vũ trụ ngay trước giai đoạn dãn nở ngày càng tăng của vũ trụ theo lí thuyết Vụ nổ lớn. Trong giai đoạn này, mật độ năng lượng của vũ trụ được khống chế bởi một hằng số vũ trụ (năng lượng của chân không) sau đó sẽ phân rã để tạo nên vật chất và bức xạ lấp đầy vũ trụ ngày nay (Hình 2).



Hình 2. Trục tung biểu thị bán kính của vùng tiến hóa để trở thành vũ trụ quan sát được ngày nay và trục hoành biểu thị thời gian. Trong lí thuyết VTLP, vũ trụ chứa đầy "giả-chân không" trong suốt thời kì bùng nở nhanh được đánh dấu bởi dải màu thẳng đứng. Đường xám mô tả lí thuyết chuẩn Vụ nổ lớn, đường màu đen biểu thị lí thuyết VTLP. Chúng ta có thể thấy hai đường này trùng nhau sau khi quá trình bùng nở cực nhanh (còn gọi là kỉ nguyên lạm phát) kết thúc. Tuy nhiên, trước quá trình bùng nở nhanh thì kích thước của vũ trụ trong lí thuyết lạm phát nhỏ hơn rất nhiều so với lí thuyết Vụ nổ lớn chuẩn. Điều này cho phép vũ trụ quan sát được có một nhiệt độ đồng nhất trong khoảng thời gian này. Đường cong biểu thị quá trình bùng nở nhanh này khi được khuếch đại lên 10 lần sẽ cho thấy sự dãn nở nhanh của quá trình bùng nở này giảm tốc nhanh chóng và trơn tru khi giả-chân không phân rã (Những giá trị bằng số ở đây không hoàn toàn chính xác mà chỉ có tính chất minh họa).

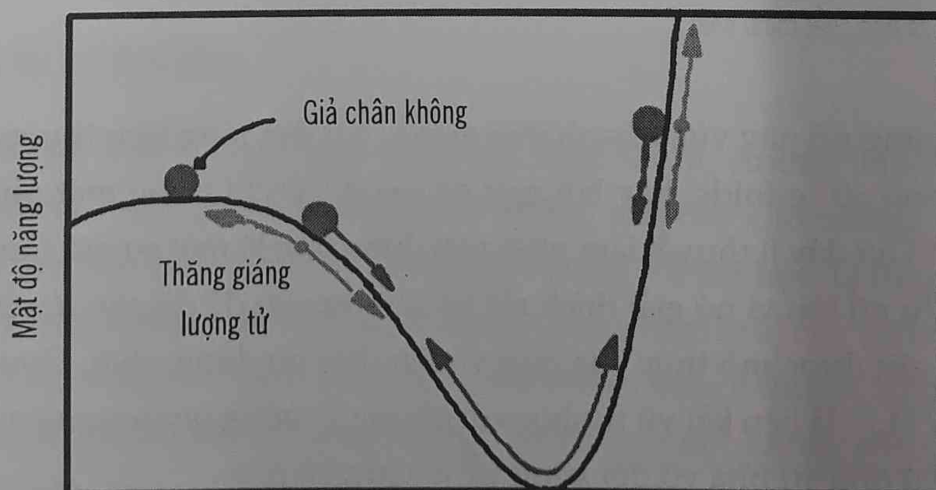
Sự bùng nở này vừa nhanh vừa mạnh. Nó làm tăng kích thước của vũ trụ bởi hơn 60 "e-folds" hay bởi một hệ số cỡ 10^{26} chỉ trong một phần nhỏ của giây! Giờ đây lí thuyết lạm phát này được xem là một sự mở rộng của lí thuyết Vụ nổ lớn vì nó giải thích rất tốt những vấn đề đã nêu ở trên trong khi vẫn giữ được mô thức của một vũ trụ dãn nở đồng nhất. Hơn nữa, lí thuyết VTLP đã liên kết vũ trụ học với những ý tưởng quan trọng trong vật lí hiện đại như sự phá vỡ đối xứng và sự chuyển pha...

SỰ BÙNG NỞ CỰC NHANH VẬN HÀNH NHƯ THẾ NÀO?

Năng lượng chân không dẫn dắt sự bùng nở nhanh trong lí thuyết VTLP có nguồn gốc từ một trường vô hướng. Trường này là một phần của cơ chế phá vỡ đối xứng tự phát ban đầu của lí thuyết thống nhất lớn (GUT) trong hạt cơ bản và sau này là Mô hình Chuẩn với lí thuyết điện từ-yếu. Trường này đôi khi còn gọi là Inflaton (một loại hạt như photon, graviton...) đóng vai trò chính yếu cho cơ chế bùng nở nhanh. Giá trị trung bình của inflaton ở nhiệt độ T chính là giá trị cực tiểu của thế năng của nó ở nhiệt độ đó. Vị trí của cực tiểu này thay đổi theo nhiệt độ như được minh họa trong Hình 3 và Hình 4.

Ở nhiệt độ T lớn hơn một nhiệt độ tới hạn T_c nào đó, cực tiểu của thế năng ở giá trị zero của trường vô hướng. Nhưng khi nhiệt độ giảm đi, thế năng thay đổi và một cực tiểu thứ hai xuất hiện ở vị trí có giá trị khác không. Điều này báo hiệu một quá trình được gọi là sự chuyển pha, giống như khi hơi nước lạnh đi và ngưng tụ thành nước. Đối với nước thì nhiệt độ tới hạn T_c nơi sự chuyển pha xảy ra là 100°C hay 373 K.

Hai cực tiểu của thế năng ứng với hai pha khả dĩ của trường hạt inflaton và của vũ trụ ở nhiệt độ tới hạn. Một pha có cực tiểu (năng lượng giả-chân không) ứng với $\Phi = 0$ và pha kia (năng lượng chân không) ứng với trạng thái cơ bản có $\Phi = \Phi_0$ (Hình 3).



Hình 3. Mô tả sự chuyển pha của không-thời gian.

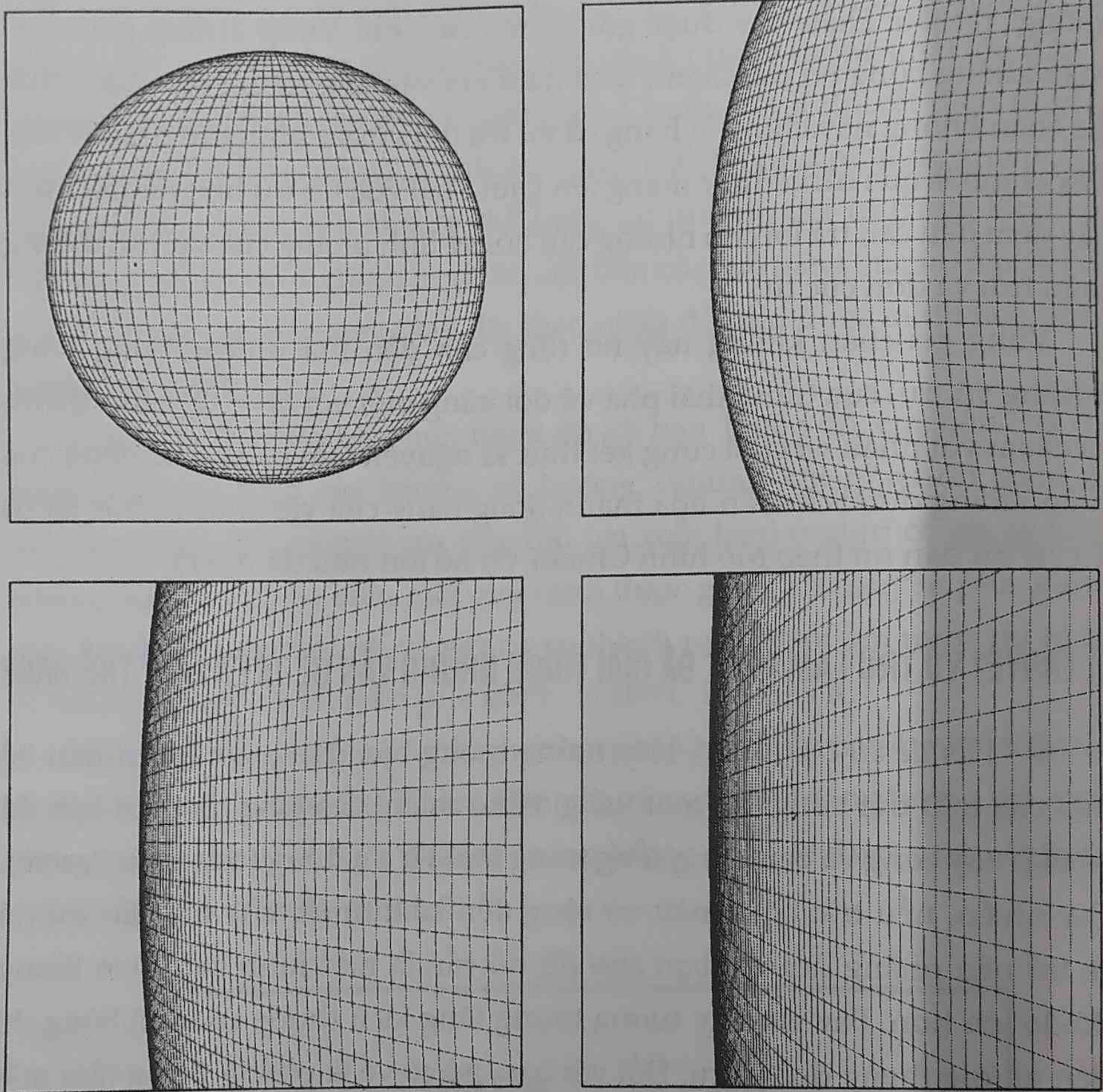
Theo mô hình VTLP thì khi ở nhiệt độ tới hạn, không-thời gian bắt đầu đi vào giai đoạn chuyển pha từ cực tiểu này sang cực tiểu khác. Nhưng không-thời gian không chuyển pha ngay mà ở trong trạng thái "giả-chân không" rất lâu. Điều này được gọi là sự siêu lạnh. Vùng không gian giả-chân không bùng nở rất nhanh theo hàm mũ và năng lượng của trạng thái giả chân không này chính là hằng số vũ trụ đối với sự bùng nở nhanh này. Đây chính là quá trình được mang tên Lạm Phát của vũ trụ học và quá trình này đem đến câu trả lời cho những câu hỏi về tính phẳng của vũ trụ, đường chân trời và đơn cực từ.

Vùng giả-chân không này nở rộng cho đến khi những bong bóng (những vũ trụ) của trạng thái phá vỡ đối xứng mới với $\Phi = \Phi_0$ hình thành va chạm với nhau và cuối cùng kết thúc kỉ nguyên lạm phát. Thế năng của chân không được chuyển hóa thành động năng của vật chất và bức xạ từ đó vũ trụ dãn nở theo Mô hình Chuẩn Vụ nổ lớn như đã mô tả.

LÍ THUYẾT VŨ TRỤ LẠM PHÁT ĐÃ GIẢI THÍCH NHỮNG VẤN ĐỀ TRÊN NHƯ THẾ NÀO?

- *Vấn đề vũ trụ phẳng:* Hãy tưởng tượng bạn đang sống trên một bề mặt của một trái bóng đá (một thế giới hai chiều). Rõ ràng, đối với bạn thì bề mặt này cong và bạn đang sống trong một vũ trụ đóng (closed universe). Tuy nhiên, nếu trái bóng này nở rộng đến kích thước của trái đất thì nó sẽ trở nên phẳng đối với bạn cho dù nó vẫn là một hình cầu theo thang độ đo lớn hơn. Bây giờ hãy tưởng tượng tăng kích thước của trái bóng đó đến những thang đo vũ trụ. Đối với bạn, nó có vẻ là phẳng trong tầm mắt của bạn cho dù nó rất cong từ lúc bắt đầu. Sự bùng nở cực nhanh trong kỉ nguyên lạm phát đã làm căng mọi độ cong ban đầu của vũ trụ 3 chiều đến độ gần như phẳng (Hình 4).
- *Vấn đề đường chân trời:* Lí thuyết VTLP đề xuất một sự bùng nở cực nhanh của vũ trụ sơ khai. Điều này dẫn đến sự kiện là trước khi sự bùng nở nhanh xảy ra thì các vùng hiện nay của vũ trụ ở rất xa nhau thật ra đã ở rất gần nhau hơn là khoảng cách giữa chúng theo tiên đoán của lí thuyết chuẩn Vụ nổ lớn. Do đó, những vùng như thế đã có mối liên hệ nhân quả

trước khi sự bùng nở nhanh xảy ra và vì vậy vẫn giữ được một nhiệt độ đồng nhất trong vũ trụ (Hình 5).



Hình 4. Giải thích của lí thuyết VTLP cho vấn đề vũ trụ phẳng được minh họa bởi một chuỗi hình vẽ một khối cầu được thổi phồng lên. Trong mỗi hình, khối cầu được căng gấp 3 lần. Khung 4 cho thấy rất khó phân biệt được hình này với hình của một mặt phẳng. Trong vũ trụ học, một hình học phẳng tương ứng với vũ trụ có hệ số Omega = 1. Do đó sự bùng nở nhanh làm cho hình học của vũ trụ trở nên phẳng nên giá trị của Omega đạt đến giá trị bằng 1.



Hình 5. Đồ hình cho thấy hình ảnh của vũ trụ vào 300.000 năm sau Vụ nổ lớn khi bức xạ nền vũ trụ được phát ra. Điểm giữa là vật chất sau này sẽ trở thành Trái Đất và hai điểm A và B là hai nguồn của hai photon sẽ đến Trái Đất vào thế kỉ 20. Hai điểm A và B cách nhau khoảng 90 triệu năm ánh sáng theo lí thuyết chuẩn Vụ nổ lớn trong khi khoảng cách đến đường chân trời chỉ là 900.000 năm ánh sáng. Vì hai điểm A và B cách nhau 100 lần khoảng cách mà ánh sáng có thể di chuyển từ lúc xảy ra Vụ nổ lớn, nên không có một quá trình vật lí nào có thể giải thích tại sao hai điểm này lại có nhiệt độ gần như đồng nhất.

- *Vấn đề đơn cực từ:* Sự bùng nở cực nhanh cho phép những đơn cực từ được tạo ra trước thời kì đó vẫn tồn tại. Trong giai đoạn lạm phát, mật độ của đơn cực từ giảm xuống theo hàm mũ và do đó sự phong phú của chúng đã giảm đến mức không thể phát hiện được trong vũ trụ hiện nay.

Ngoài ra, lí thuyết VTLP cũng giải thích nguồn gốc cấu trúc của vũ trụ. Trước giai đoạn bùng nở cực nhanh, một phần của vũ trụ mà chúng ta có thể quan sát được ngày nay rất nhỏ và sự thăng giáng lượng tử trong mật độ vật chất trên thang vi mô này đã đạt đến thang đo vũ trụ trong quá trình lạm phát. Trải qua nhiều triệu năm sau đó, những vùng có mật độ cao ngưng tụ thành các ngôi sao, thiên hà và những đám tinh vân.

VŨ TRỤ TỰ SINH SẢN[1]

Nếu lí thuyết VTLP được kiểm chứng là đúng thì sự dãn nở không bị kiềm chế của kỉ nguyên lạm phát sẽ nới rộng vùng không gian của chúng ta đến kích cỡ vượt khỏi tầm quan sát của những kính viễn vọng, nghĩa là vũ trụ mà chúng ta thấy chỉ là một phần nhỏ của tất cả những gì hiện hữu. Vì chúng ta không bao giờ có thể kì vọng vào việc kiểm chứng những dự đoán của sự lạm phát đối với những vùng nằm ngoài phạm vi quan sát được, nên chúng ta chỉ còn cách duy nhất là suy đoán về những điều đó. Một trong những suy đoán của lí thuyết VTLP là khái niệm vũ trụ tự sinh sản và mãi mãi.

Vai trò chủ đạo trong sự lạm phát (hay bùng nở cực nhanh) nằm ở một trạng thái đặc biệt của vật chất được gọi tên là giả-chân không. Đó là một trạng thái chứa những trường có tính chất giống như trường Higgs (vẫn được gọi là trường inflaton) có vị trí ngay ở tâm của giản đồ năng lượng trong Hình 7. Một trạng thái như thế được gọi là *trạng thái bền phiếm định* (metastable), nghĩa là nó chỉ bền trong những khoảng thời gian ngắn, nhưng đối với một quan sát viên chờ đợi đủ lâu thì sẽ thấy đây là một trạng thái không bền. Trường inflaton cuối cùng sẽ tìm được cách xuống phía đáy của ngọn đồi trong giản đồ năng lượng. Khi đó trạng thái giả-chân không được nói là đã bị *phân rã*.

Cách thức trong đó trạng thái giả-chân không phân rã cũng giống như sự phân rã của các chất phóng xạ. Trong cả hai trường hợp sự phân rã đều theo quy luật hàm mũ được đặc trưng bởi chu kì bán rã. Chu kì bán rã của giả-chân không không được biết rõ nhưng vào khoảng 10^{-30} giây hoặc 10^{-35} giây theo lí thuyết thống nhất lớn. Hãy tưởng tượng rằng nếu trạng thái giả-chân không được lấp đầy bởi những điểm thử (test points) thì sau một chu kì bán rã, tính trung bình chỉ có một nửa điểm thử còn lại trong những vùng vẫn ở trạng thái giả-chân không. Một nửa số điểm kia sẽ ở trong những vùng đã bị "phân rã" theo nghĩa là trường inflaton đã bắt đầu lăn xuống đồi của

[1] The Inflationary Universe - The Quest For A New Theory Of Cosmic Origins, Alan.H.Guth 1997. Alan.H.Guth "Eternal inflation and its implications", arXiv:0702178 [hep-th].

giản đồ năng lượng. Vào cuối chu kì bán rã lần thứ hai thì chỉ còn 1/4 điểm thử vẫn nằm trong những vùng giả-chân không và cứ như thế tiếp diễn.

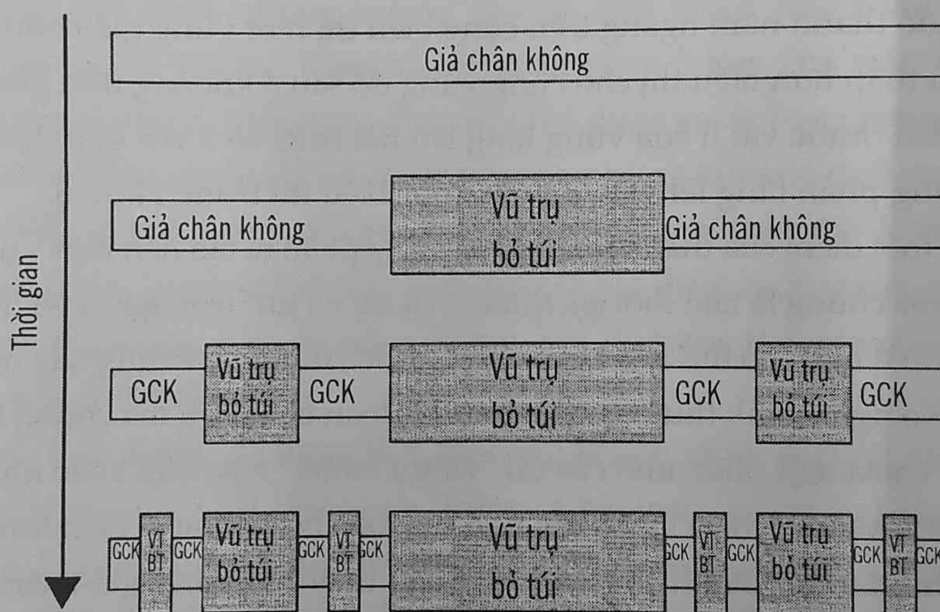
Sự khác biệt chính yếu giữa phân rã của giả-chân không và của chất phóng xạ là trong khi giả-chân không đang phân rã thì những vùng không phân rã tiếp tục dãn nở theo hàm mũ. Theo lí thuyết VTLP thì tốc độ dãn nở nhanh hơn rất nhiều so với tốc độ phân rã! Do đó, sau một chu kì bán rã chỉ có một nửa số điểm thử còn lại trong vùng giả-chân không, nhưng thể tích của giả-chân không sẽ lớn hơn rất nhiều so với thể tích của toàn vùng lúc bắt đầu phân rã. Như thế, mặc dù giả-chân không đang phân rã nhưng thể tích của nó lại tăng lên dữ dội. Thể tích của một vùng giả-chân không sẽ tăng lên mãi mãi mà không bao giờ dừng lại một khi sự bùng nở nhanh bắt đầu!

Số phận của vùng giả-chân không được minh họa trong đồ họa Hình 6, trong đó thanh nằm ngang trên cùng biểu thị một vùng giả-chân không và thanh thấp hơn biểu thị cho cũng vùng đó sau 3 khoảng thời gian bằng nhau. Kích thước vật lí của vùng tăng lên bởi thừa số 3 với mỗi thanh liên tiếp nhưng phần tăng lên này không được biểu thị trong Hình 6.

Vào thời điểm của thanh thứ hai, 1/3 vùng phân rã tạo nên một Vụ nổ lớn định xứ mà chúng ta tạm thời gọi là một "vũ trụ bỏ túi" (còn gọi là vũ trụ bong bóng). Thuật ngữ "bỏ túi" không có nghĩa là kích thước của vùng này nhỏ như cái túi theo nghĩa bình thường mà ngược lại, toàn bộ vũ trụ mà chúng ta quan sát được chỉ là một phần nhỏ của cái "vũ trụ bỏ túi" này. Mặt khác những vũ trụ bỏ túi này cũng chỉ là một phần nhỏ của toàn bộ những gì hiện hữu.

Thêm vào đó, thanh thứ hai cũng cho thấy hai vùng giả-chân không còn lại. Mỗi vùng giả-chân không này có kích thước vật lí bằng kích thước vùng đầu tiên (nghĩa là thanh đầu tiên). Từ thanh thứ hai sang thanh thứ ba biểu thị một hệ số tăng 3 lần về kích thước. Vùng trung tâm tiếp tục tiến hóa như là một vũ trụ theo thuyết Vụ nổ lớn. Mỗi vùng trong hai vùng giả-chân không sẽ tiến hóa giống như vùng giả-chân không ban đầu trong thanh thứ nhất. Quá trình cứ tiếp diễn như thế mà không dừng lại sẽ tạo nên vô số vũ trụ với tốc độ ngày càng nhanh. Như thế, một vùng giả-chân không không tạo nên duy nhất một vũ trụ mà thay vào đó là một số vô hạn vũ trụ! Mỗi "vũ trụ bỏ túi" có một lịch sử Vụ nổ lớn khác nhau và trải qua quá trình lạm

phát nên sẽ trở nên gần như hoàn toàn phẳng. Sau một khoảng thời gian dài hơn 10 - 15 tỉ năm kể từ Vụ nổ lớn, sự tiến hóa của một "vũ trụ bỏ túi" và một vũ trụ phẳng sẽ không thể phân biệt được. Tuy nhiên, cuối cùng thì tính chất phẳng sẽ không còn. Một phần của "vũ trụ bỏ túi" sẽ sụp đổ, phần khác sẽ phân rã đến trạng thái có mật độ khối lượng không đáng kể. Khi đó những vũ trụ mới được sinh ra thay chỗ cho những vũ trụ đã sụp đổ. Mặc dù số phận cuối cùng của "vũ trụ bỏ túi" của chúng ta trong mô hình lạm phát không có gì thú vị hơn trong mô hình Vụ nổ lớn đơn giản nhưng vũ trụ, như một toàn thể, sẽ lại mãi mãi tái sinh những "vũ trụ bỏ túi" mới. Trong khi sự sống trong "vũ trụ bỏ túi" của chúng ta tàn lụi dần thì sự sống trong vũ trụ như là một toàn thể mãi mãi sinh sôi và phát triển.



Hình 6. Đồ họa biểu thị sự bùng nổ cực nhanh xảy ra mãi mãi. Bốn thanh biểu thị một phần của vũ trụ và theo lần lượt sau những khoảng thời gian bằng nhau. Thật ra mỗi thanh sau dài gấp 3 lần thanh trước mặc dù sự dãn nở không được biểu diễn ở đây.

TRƯỜNG HIGGS TRONG LÍ THUYẾT VTLP

Trường Higgs trong lí thuyết VTLP là một sáng tạo của lí thuyết. Do đó, cho đến nay chúng ta vẫn chưa biết được bản chất của trường này từ thực nghiệm. Trong khi đó thì những tính chất định tính đã được mô phỏng

theo trường Higgs của Mô hình Chuẩn của lí thuyết điện từ-yếu. Bí mật của lí thuyết VTLP chính là sự chọn lựa một dạng thích hợp cho giản đồ mật độ năng lượng của trường Higgs. Hình dạng thích hợp nhất có dạng chiếc mũ Mêxicô phẳng được mô tả trong Hình 7, trong đó vùng trung tâm trên đỉnh nón phẳng như vùng bình nguyên.

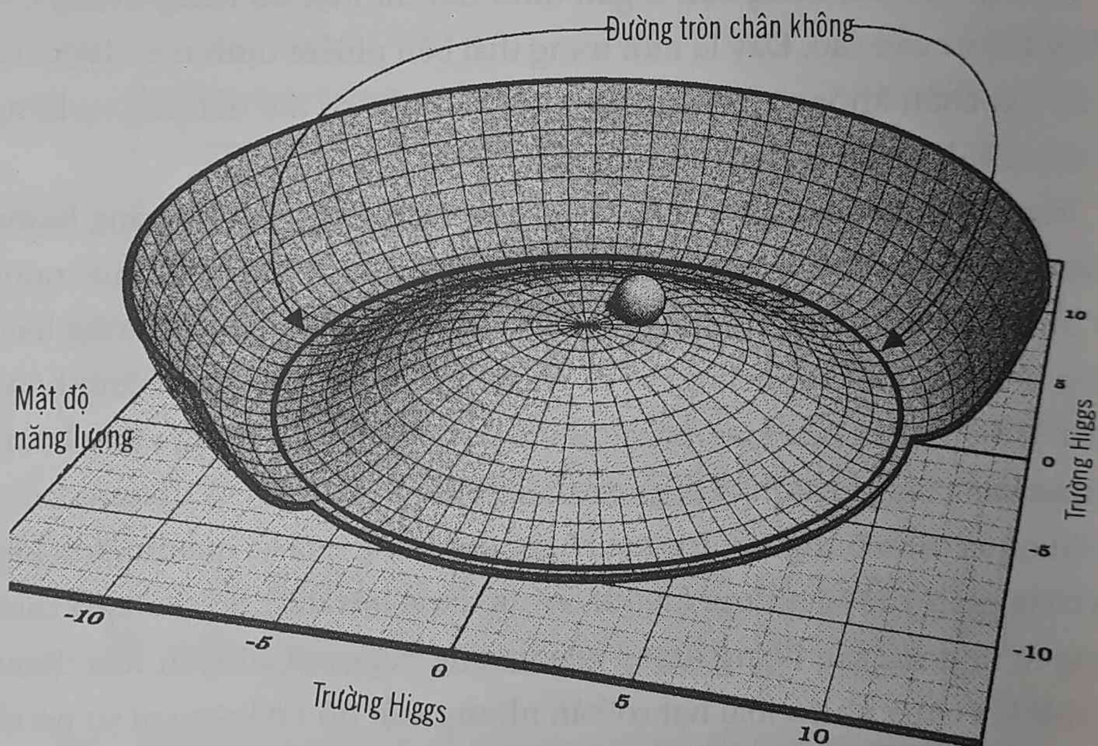
Sự tiến hóa của trường Higgs được hình dung bởi chuyển động của một trái bóng lăn trên đồi của giản đồ năng lượng, trong đó sự lăn trên sườn đồi xảy ra rất chậm. Nếu vùng bình nguyên trung tâm gần như là ngang bằng và trái bóng bắt đầu từ gần tâm thì nó khởi động chậm chạp trước khi lăn xuống vòng tròn chân không.

Chừng nào trái bóng còn ở gần đỉnh đồi thì mật độ năng lượng của trường Higgs vẫn cao. Đây là một trạng thái bền phiếm định nên được đặt tên là "giả-chân không" (false vacuum) và nó vẫn có thể dẫn dắt sự bùng nở cực nhanh trong kỉ nguyên lạm phát.

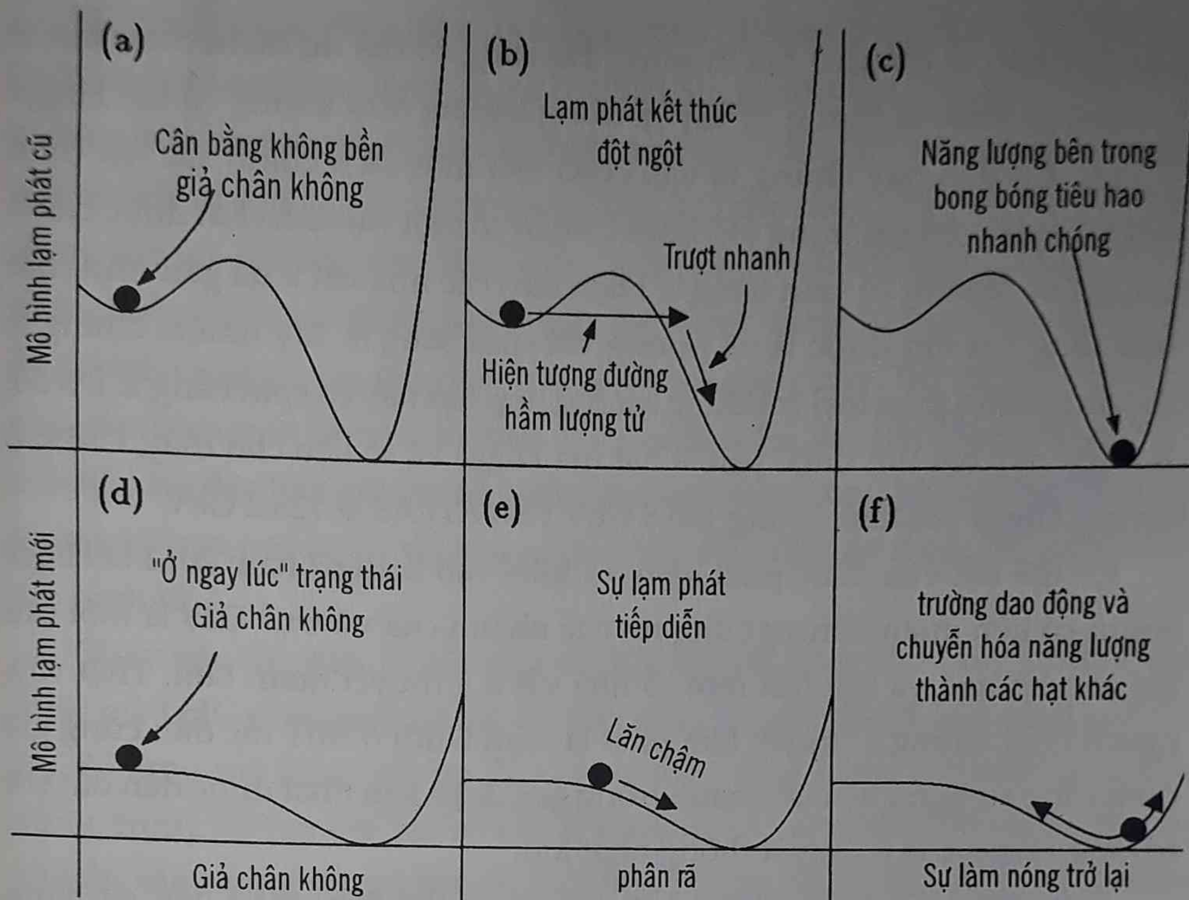
Trong lí thuyết đầu tiên về lạm phát của vũ trụ với giản đồ năng lượng có dạng chiếc mũ Mêxicô nhọn thì sự chuyển pha tuân theo mô thức nước sôi. Trường Higgs trong vùng hình cầu nhỏ tuân theo quá trình đường hầm lượng tử (quantum tunneling) sẽ di chuyển từ trạng thái giả-chân không đến một điểm phía bên kia trên sườn đồi dốc (Hình 8.b). Trong vùng trung tâm của bong bóng, trường Higgs rơi thẳng xuống chân đồi và nhanh chóng kết thúc quá trình bùng nở. Trường Higgs dao động qua lại quanh rãnh hẹp của vòng chân không nhưng nhanh chóng dừng lại (Hình 8.c) bởi quá trình tương tự như ma sát. Năng lượng của trường Higgs sẽ chuyển hóa thành các chất khí chứa nhiều loại hạt cơ bản nhưng mật độ rất loãng vì sự nở rất nhanh của bong bóng (vũ trụ). Rất nhiều năng lượng được giải phóng vì trường Higgs ở gần mép sẽ đi xuống từ trạng thái có năng lượng cao bên ngoài bong bóng đến trạng thái có năng lượng thấp ở bên trong. Tuy nhiên, năng lượng được tạo ra chuyển động hướng ra ngoài cùng với thành bong bóng vì thế phía trong bong bóng vẫn hầu như nghèo nàn, thiếu vật chất. Toàn bộ quá trình này vẫn được gọi tên là quá trình phân rã của chân không.

Nếu mật độ năng lượng của trường Higgs được mô tả bởi giản đồ chiếc mũ Mêxicô phẳng thì kịch bản sẽ hoàn toàn khác đi. Đó là một sự chuyển

pha dần dần, nhẹ nhàng hơn và giống như sự đông cứng của loại thạch Jell-O hơn là mô thức đun nước. Sự bùng nở nhanh tiếp tục khi trường Higgs bắt đầu tách khỏi trung tâm của bình nguyên một cách chậm chạp, do đó mật độ năng lượng vẫn cao trong khi bong bóng nở lên gấp nhiều lần như Hình 8.e. Sau đó, khi trường Higgs trượt khỏi vùng bình nguyên thì vùng trung tâm của bong bóng trở nên đủ lớn để bao bọc vũ trụ trong tầm quan sát. Hình 8.f biểu thị trường Higgs dao động qua lại một vùng rộng lớn và chuyển hóa năng lượng của nó thành một thứ xúp nóng các hạt cơ bản chính xác như những gì được mô tả bởi Mô hình Chuẩn Vụ nổ lớn.



Hình 7. Mật độ năng lượng của trường Higgs trong lí thuyết VTLP. Lí thuyết này giả định rằng mật độ năng lượng của trường Higgs được mô tả bởi giản đồ có hình chiếc nón Mêxicô phẳng trên đầu. Sự tiến hóa của trường Higgs tương tự như của trái bóng từ từ lăn ra khỏi vùng trung tâm của vùng bình nguyên (phần phẳng trên đầu). Bong bóng tiếp tục nở rộng trong khi trái bóng vẫn ở trong vùng trung tâm cho phép một bong bóng duy nhất trở thành đủ lớn một cách dễ dàng để bao bọc vũ trụ trong tầm quan sát.



Hình 8. Sự so sánh giữa hai lí thuyết VTLP ban đầu và lí thuyết mới. Giản đồ minh họa bản chất của giả-chân không, cơ chế phân rã của giả-chân không và cách thức làm nóng lại vũ trụ sau lạm phát cho cả hai lí thuyết ban đầu và mới. Mỗi hình biểu diễn giản đồ mật độ năng lượng theo giá trị của trường Higgs với trái bóng chỉ sự tiến hóa của trường Higgs. Trong lí thuyết mới về sự lạm phát của vũ trụ ta thấy có sự bùng nở liên tục theo sau một sự giải phóng năng lượng ở sâu bên trong bong bóng tạo nên một vũ trụ bong bóng khả dĩ.

NGHI VẤN VỀ MỐI LIÊN HỆ GIỮA HẠT TỰA HIGGS Ở LHC VÀ HẠT HIGGS TRONG LÍ THUYẾT VTLP[2]

Nhờ vào Mô hình Chuẩn các nhà vật lí có thể đưa ra một số dự đoán. Những dự đoán này bao gồm cả tần số phân rã của hạt thông qua nhiều cách thức khác nhau như phân rã thành hai tia gamma, hai hạt Z boson

[2] F. Bezrukov and M. Shaposhnikov, "The Standard Model Higgs boson as the Inflaton", arXiv:0710.3755 [hep-th], F. Bezrukov, D. Gorbunov and M. Shaposhnikov, "On Initial Conditions for the Hot Big Bang", arXiv:0812.3622 [hep-ph], M. Hertzberg, "On Inflation with Non-minimal Coupling", arXiv:1002.2995v4 [hep-ph]. A. D. Simone, M. Hertzberg and F. Wilczek, "Running Inflation in the Standard Model", arXiv:0812.4946v3 [hep-ph].

(sau đó phân rã thành 4 hạt muon)... Họ cũng có thể dự đoán được tần số của những biến cố tương tự xảy ra trong trường hợp không có hạt Higgs. Nhưng cho đến nay chúng ta vẫn chưa biết một cách chính xác hạt được phát hiện. Hạt Higgs trong Mô hình Chuẩn có một vài tính chất được biết là một hạt vô hướng có spin bằng 0. Hiện nay, các nhà vật lí đã gần như chắc chắn rằng hạt tìm được là vô hướng với spin bằng 0. Tuy nhiên, chúng ta vẫn chưa hoàn toàn loại trừ được trường hợp hạt này có spin bằng 2. Do đó, cho đến nay hạt tìm được vẫn là hạt tựa Higgs và số liệu cho thấy, CMS có hạt tựa Higgs với khối lượng 125.8 GeV và ở ATLAS là 125.2 GeV.

Có thể hạt vừa được phát hiện ở CERN vào tháng 7 năm 2012 là Higgs boson có liên quan đến sự bùng nở cực nhanh của vũ trụ? Đây là một câu hỏi còn bỏ ngỏ và thu hút một số nhà vật lí lí thuyết quan tâm. Thật vậy, người khởi xướng lí thuyết lạm phát là Alan Guth ở MIT lúc đầu cũng giả định rằng sự bùng nở cực nhanh trong giai đoạn lạm phát được dẫn dắt bởi trường Higgs của lí thuyết thống nhất lớn.

Ý tưởng về hạt tựa Higgs vừa tìm ra có thể liên quan đến sự bùng nở cực nhanh xảy ra nếu khối lượng của hạt được phát hiện nằm trong phạm vi riêng biệt mà LHC có thể quan sát, vì theo lí thuyết này, hạt Higgs inflaton bị phân rã có năng lượng giảm dần cho đến nay có thể sẽ nằm trong phạm vi quan sát được. Thật vậy, những chứng cứ về hạt tựa boson Higgs được báo cáo ở LHC vào tháng 12 năm 2012 vừa qua cho thấy khối lượng của chúng là khoảng 125-126 GeV, bằng khoảng 125-126 lần khối lượng nguyên tử hydro.

Giá trị của những mô hình mang tên lạm phát-Higgs (Higgs Inflation Theory) nằm ở chỗ chúng có thể giải thích sự bùng nở nhanh này trong khuôn khổ của Mô hình Chuẩn về hạt cơ bản. Tuy nhiên, những mô hình này vấp phải một vấn đề là, vì hạt Higgs giảm năng lượng theo thời gian rất nhanh, do đó nó không thể tạo nên những thăng giáng được quan sát trong bức xạ vũ trụ nền. Như vậy, các mô hình này đòi hỏi sự tồn tại của những trường khác để bổ sung cho mọi hiệu ứng của sự bùng nở cực nhanh. Điều này đã phá hủy tính chất đơn giản mà người ta mong ước có được từ những mô hình lạm phát ban đầu.

Để khắc phục điều này, vào năm 2007, Fedor Bezrukov của Trường Bách khoa Lausanne, Thụy Sĩ, và Mikhail Shaposhnikov của Viện Hàn lâm Nghiên cứu Hạt nhân, Nga đã đề nghị một mô hình mới về lạm phát-Higgs không cần sự có mặt của các trường khác. Họ cho rằng, chỉ có trường Higgs tương tác với lực hấp dẫn theo một cách nào đó không giống như các hạt khác. Điều này cho phép hạt Higgs giữ được năng lượng của nó đủ lâu để tạo nên loại vũ trụ mà chúng ta quan sát ngày nay. Tuy nhiên, ý tưởng này gặp phải một khó khăn khác với câu hỏi: Tại sao hạt Higgs lại có một mối liên hệ đặc biệt với lực hấp dẫn lúc khởi đầu trong khi các hạt khác lại không có hay tương tác rất yếu với lực hấp dẫn như đã được đề xuất trong mô hình đó?

Thay vào đó, một số các nhà vật lí lí thuyết khác cho rằng những hạt khác mà LHC phát hiện có thể rọi ánh sáng lên vấn đề về lạm phát của vũ trụ. Những mô hình mà họ đề xuất có nền tảng trong lí thuyết siêu đối xứng, trong đó hai loại hạt cơ bản là fermion tạo nên vật chất và các boson truyền các tương tác cơ bản có mối liên hệ với nhau. Họ cũng tiên đoán rằng mỗi fermion có một hạt tương ứng boson nặng hơn và ngược lại. Sự khám phá các hạt siêu đối xứng còn gọi là các "sparticle" ở LHC có thể giải quyết những bí mật chính yếu trong phạm vi Mô hình Chuẩn. Chẳng hạn như vật chất tối được cho là tạo nên phần lớn khối lượng của vũ trụ có thể là một loại sparticle được gọi là neutralino. Nếu sự bùng nở cực nhanh cũng là do một loại sparticle, thì theo họ, nó phải kết thúc với mật độ năng lượng tương đối thấp. Đây chính là một khả năng phát hiện được của LHC.

Nếu LHC chứng tỏ được siêu đối xứng là đúng bằng việc tìm ra các sparticle thì điều đó gợi ý rằng, sự bùng nở cực nhanh có thể là một sparticle với khối lượng khoảng 1.000 GeV (để có sự so sánh ta nên biết rằng LHC có thể tạo năng lượng đến 7.000 GeV). Các nhà vật lí lí thuyết cũng cho rằng có thể có những kịch bản của siêu đối xứng trong đó hạt Higgs chính là inflaton bằng cách tương tác với các sparticle chẳng hạn như hạt siêu đồng hành (superpartner) của neutrino hay với chính nó.

Tuy nhiên, những số liệu từ LHC gợi ý rằng nhiều mô hình của siêu đối xứng không đúng vì những thí nghiệm vẫn chưa khám phá ra bất kì

hạt sparticle nào mà những mô hình này đã dự đoán. Trong khi đó bằng cách điều chỉnh dạng của thế năng trường Higgs cho phù hợp với điều kiện lăn chậm và đưa vào số hạng tương tác giữa trường Higgs và tenxơ Ricci trong lí thuyết tương đối của Einstein, các nhà vật lí có thể giải thích được sự bùng phát nhanh của vũ trụ với giá trị của hạt Higgs được xác định nằm trong khoảng gần 126 GeV. Mặc dù lí thuyết này vẫn gặp phải một số vấn đề về kĩ thuật như Unitary, tái chuẩn hóa,... nhưng các nhà vật lí lí thuyết vẫn tin là có thể khắc phục được.

Điều này cho thấy rằng, nếu LHC phát hiện ra hạt boson Higgs mà không có hạt nào khác thì đó chính là sự cổ vũ cho mô hình lạm phát-Higgs và qua đó có thể giải mã những bí ẩn lớn của vũ trụ.

SỐ PHẬN CỦA VŨ TRỤ?[3]

Theo lí thuyết tương đối tổng quát của Einstein thì số phận của vũ trụ phụ thuộc mạnh mẽ vào một yếu tố có giá trị chưa được xác định: Omega - số đo mật độ vật chất và năng lượng trong vũ trụ. Nếu Omega > 1, không-thời gian sẽ "đóng" (closed universe) giống như bề mặt của một quả cầu vĩ đại. Nếu không có năng lượng tối thì một vũ trụ như thế đến một lúc nào đó sẽ ngừng dãn nở và rồi bắt đầu co cụm, cuối cùng là sụp đổ trên chính nó trong một biến cố được đặt tên là "Big Crunch" - vụ co lớn. Nếu vũ trụ đóng nhưng có năng lượng tối thì vũ trụ hình cầu sẽ dãn nở mãi mãi. Tương tự, nếu Omega < 1 thì hình học của không gian sẽ "mở" giống như bề mặt của chiếc yên ngựa. Trong trường hợp này, số phận cuối cùng của vũ trụ sẽ là một vụ "đông cứng lớn" theo sau là "Sự xé toạc Lớn" (Big Rip) theo kịch bản: Đầu tiên, vũ trụ tăng tốc hướng ra ngoài, tách rời thiên hà và các ngôi sao, để lại mọi thứ trơ trọi và lạnh lẽo. Sau đó sự tăng tốc lớn đến mức vượt trội hiệu ứng của các lực liên kết các nguyên tử và như thế mọi thứ bị xoắn mạnh tách khỏi nhau. Nếu Omega = 1 thì vũ trụ sẽ phẳng và nới rộng như một mặt phẳng vô hạn về mọi hướng. Nếu không

[3] Nguồn Internet.

có năng lượng tối thì một vũ trụ phẳng như thế sẽ dãn nở mãi mãi nhưng với một tốc độ giảm liên tục để tiến đến một trạng thái bất động. Nếu có năng lượng tối thì cuối cùng vũ trụ phẳng sẽ trải qua giai đoạn dãn nở ra xa tiến đến Sự xé toạc Lớn. Vũ trụ của chúng ta, theo lí thuyết lạm phát-Higgs, cũng chỉ là một "vũ trụ bỏ túi" trong vô số những vũ trụ đã sinh ra và có lịch sử tuân theo kịch bản của lí thuyết chuẩn Vụ nổ lớn.

Gần đây (ngày 18 tháng 3 năm 2013), nhà vật lí hạt cơ bản Joseph Lykken, trong buổi họp thường niên của Hiệp hội Phát triển Khoa học Mĩ (the American Association for the Advancement of Science - AAAS) ở Boston nhằm cung cấp những thông tin cập nhật về hạt Higgs đã cho biết, nếu khối lượng của hạt Higgs được tìm thấy ở CERN là 126 GeV thì giá trị này đúng ngay với giá trị làm cho vũ trụ không bền và có thể dự đoán về tương lai tối tăm của vũ trụ. Ông nói: "Chỉ thông qua những tăng giảm lượng tử mà chúng ta không kiểm soát được, một quả bóng nhỏ của một loại vũ trụ khác biệt nào đó đã được sinh ra ở đâu đó trong không gian. Nhưng không may là khi quả bóng đó xuất hiện nó sẽ nở rộng cực kì mạnh mẽ với tốc độ ánh sáng và cuối cùng sẽ nuốt trọn mọi thứ. Khi điều đó xảy ra nó sẽ quét sạch mọi thứ trên đường đi của nó". Cơ chế này được giải thích như sau: Như chúng ta đã đề cập ở trên, trường Higgs hiện hữu mọi nơi trong toàn bộ vũ trụ của chúng ta. Với một giá trị khối lượng của hạt Higgs, các nhà vật lí có thể tính toán năng lượng chân không. Kết quả thu được cho thấy chân không hiện nay vẫn đang ở trong trạng thái bền phiếm định và do đó nó sẽ phải trải qua giai đoạn chuyển pha để đi vào trạng thái có năng lượng thấp hơn. Khi được yêu cầu mô tả sự chuyển pha đó, Lykken đã nói: "Một quả cầu lửa sẽ hình thành một cách tự phát và hủy diệt vũ trụ". Tuy nhiên, Lykken cũng đã đề cập đến những lí do để hi vọng điều này không xảy ra trong đó có cả khối lượng của hạt quark *top*. Ông nhấn mạnh, kết quả của những phép tính này rất nhạy cảm đối với những giá trị có liên quan. Chỉ cần thay đổi 2% khối lượng của quark *top* nhưng vẫn nằm trong phạm vi sai số đo lường cho phép thì vũ trụ sẽ trở nên rất bền. Một khả năng khác chính là lí thuyết Siêu đối xứng. Mặc dù tin tức về lí thuyết này từ LHC rất bi quan vì sự hiện hữu của một loạt những hạt có khối lượng thấp mà lí

thuyết này dự đoán đã bị loại ra khỏi kết quả thu được. Tuy nhiên, vì Siêu đối xứng cũng tiên đoán sự hiện hữu của 5 loại hạt Higgs, nên khi LHC tái khởi động ở mức năng lượng cao hơn, trong một vài năm nữa, chúng ta sẽ có thể tìm được những phiên bản hạt Higgs nặng hơn. Nếu những hạt này được tìm thấy thì sự hủy diệt vũ trụ sẽ dừng lại mãi mãi. Lykken nói "hãy ủng hộ Siêu đối xứng" và "còn một cửa thoát nữa là nếu khối lượng hạt Higgs chỉ khác biệt rất nhỏ với giá trị mà LHC đã tìm thấy".

Về mặt lí thuyết, nếu những tính toán về trạng thái bền phiếm định của chân không đứng vững thì điều đó sẽ làm hồi sinh một ý tưởng trước đây đã cho rằng Vũ trụ Vụ nổ lớn mà chúng ta quan sát được ngày nay chỉ là một phiên bản sau cùng trong một chu trình những biến cố. Lykken nói: "Thật dễ dàng giải thích nhiều thứ hơn nếu những gì chúng ta quan sát được là một chu trình [tiến hóa của vũ trụ]. Nếu tôi đặt cuộc vào điều đó, tôi chắc rằng ý tưởng về một chu trình [tiến hóa của] vũ trụ là đúng"[4].

Liên quan đến vấn đề này, chúng ta hãy nghe ý kiến của Higgs, người liên quan trực tiếp đến hạt mang tên mình, trả lời trong phỏng vấn của trang mạng *newsworks.org* vào ngày 26 tháng 3 năm 2013 vừa qua như sau[5]:

> *"Đã từ lâu con người đồng nhất sự kết thúc của thế giới của mình với sự kết thúc của vũ trụ. Nhưng khoa học đã chứng tỏ rằng, vũ trụ sẽ tiếp diễn mà không cần có con người. Bạn nên nhận ra rằng, các giống loài của bạn có thể tuyệt chủng nhưng những sinh vật khác vẫn tồn tại mà chẳng nhớ gì đến bạn. Mặt Trời sau cùng sẽ tắt và mọi sự sống trên Trái Đất sẽ kết thúc nhưng những ngôi sao khác trong thiên hà vẫn sẽ tiếp tục chiếu sáng và cây cỏ vẫn hạnh phúc quanh chúng. Tiến sĩ Eliot đã hỏi liệu thế giới sẽ kết thúc bằng một vụ nổ tức thời hay bằng một sự rên xiết chậm chạp. Bằng sự thăm dò của cá nhân về con người, tôi đã kết luận rằng, chắc chắn bạn thích một "cú nổ" hơn. Một cú nổ mang đến cho bạn một sự khép lại*

---

[4] Có thể Lykken đang nói đến một lí thuyết mới về nguồn gốc vũ trụ có tên là The Cyclic Universe do Paul J. Steinhardt và Neil Turok đề xuất vào khoảng năm 2002.

[5] http://www.newsworks.org/index.php/blogs/lightningrod/item/51553.

về mặt tâm lí mà bạn dường như cần đến. Nó cũng sẽ xóa mặc cảm tội lỗi mà bạn cảm thấy khi rời khỏi Trái Đất với mọi thứ rác rưởi.

Vào thế kỉ 19, loài người lo lắng về một loại rên xiết chậm chạp do sự kết thúc của vũ trụ mang đến được đặt tên là "cái chết thiêu đốt", trong đó, mọi thứ đi vào một trạng thái nóng cực độ mà sau đó không còn điều gì thú vị sẽ xảy đến nữa (Điều này không làm tôi sợ. Tôi sẽ đi ngủ khi cảm thấy buồn chán!).

Một khoảng thời gian trong thế kỉ 20, người ta đã hi vọng vũ trụ sẽ sụp đổ trong một vụ Nghiền nát Lớn, và lại bắt đầu một chu kì mới. Hầu hết các nhà vật lí hiện nay nói rằng điều đó sẽ không đến. Xin lỗi bạn nhé.

Nhưng giờ đây, chúng ta lại có một kịch bản không kém phần bi đát được nhà vật lí Joseph Lykken của Fermilab nói đến. Vào đầu tháng này (tháng 3 năm 2013 - ND), ông ta cho rằng, những đo đạc về khối lượng của hạt Higgs cho phép một sự kết thúc khác của vũ trụ. Theo Lykken thì có khả năng là vũ trụ ở trạng thái bền phiếm định và "muốn" rơi xuống một trạng thái bền hơn.

Đây không phải là lối nói nhân cách hóa. Nó chỉ là sự tương tự như một viên sỏi trên mặt bàn "muốn" rơi xuống sàn nếu nó lăn ra đến cạnh bàn. Một khi vũ trụ của chúng ta lăn ra đến cạnh thì sẽ không còn cách nào để nó trở lên nữa.

Trong bức tranh của Lykken thì một khả năng xa xôi là một biến cố ngẫu nhiên sẽ xảy ra trong đó một bong bóng nổi lên chứa một thứ không gian trống rỗng bền hơn. Vì loại không gian này bền hơn loại không gian của chúng ta nên nó sẽ nở rộng ra và gộp không gian của chúng ta vào (vỏ) bong bóng chuyển động hướng ra ngoài với vận tốc ánh sáng, do đó chúng ta sẽ không có thời gian nghĩ về điều này trước khi nó kết thúc mọi chuyện [...]

Khi nghe ý tưởng này về sự kết thúc của thế giới, David Gross, một nhà vật lí lí thuyết được giải Nobel, đã nói rằng ý tưởng của Lykken rất "vui" và có lí. Nhưng tất cả chỉ là tạm thời, Gross nói. Nếu sau này có những khám phá ra các hạt mới thì vũ trụ của chúng ta sẽ có thể lại bền. Ông nói tiếp, một sự kiện khác trấn an chúng ta là, sự hoàn tất của một dạng bền

hơn nào đó của không gian đã chưa xảy ra trong hơn 13 tỉ năm của vũ trụ. Do đó có thể nó sẽ không xảy ra trong hàng tỉ hoặc tỉ tỉ năm nữa trong tương lai. Nếu điều đó đã xảy ra trong năm nay chẳng hạn thì điều đó mới hoàn toàn là một điều lạ.

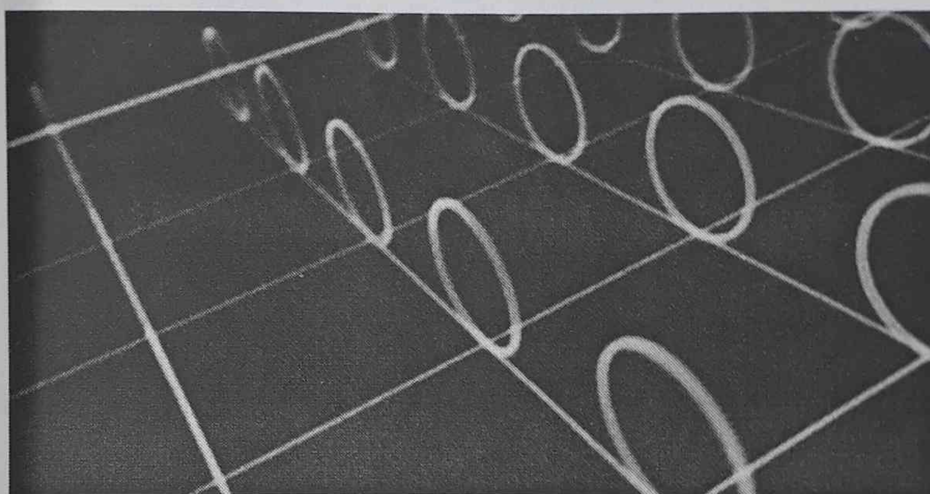
Theo ý kiến của tôi (Higgs - ND) thì ý tưởng của Lykken đã thu được sự chú ý vì nó làm thỏa mãn nhu cầu của con người về một sự kết thúc sạch gọn, bi đát và không có gì tiếc nuối. Có vẻ là đủ công bằng khi sau hơn 13 tỉ năm vũ trụ chúng ta sẽ rút lui để cho một vũ trụ khác nào đó có cơ may xuất hiện. Khía cạnh gây lo lắng duy nhất của mọi việc là Lykken cho rằng loại vũ trụ bền hơn lại gây "buồn chán" vì loại không gian này có lẽ không cho phép những chú mèo hay những dạng sinh vật thông minh khác tồn tại.

Không ai trong chúng ta muốn thấy thế giới bị hủy diệt bởi sự bùng nở của những bong bóng buồn tẻ. Ngay cả Lykken cũng không ưa điều này. Đây là lời của Lykken được trích dẫn trong Discovery News: *"Sẽ có một vũ trụ mới, một vũ trụ mới buồn tẻ hơn rất nhiều, do đó tôi hi vọng điều này không xảy ra". Điều này nghe có vẻ như một sự kết thúc chậm trong rên xiết đang bắt đầu chứ không phải là một kết thúc bằng một vụ nổ. Nhưng mọi thứ sẽ xảy ra nhanh đến mức mà ngay cả Lykken cũng sẽ chẳng kịp nói "Thấy chưa, tôi đã nói với bạn như thế rồi mà."*

Dù sao thì chúng ta vẫn còn khoảng hai năm chờ đợi để biết được những gì thực sự sẽ đến vì hiện nay LHC đã ngừng hoạt động để sửa chữa và nâng cấp.

TIẾP SAU HIGGS LÀ BÀI TOÁN ED?[1]

Cao Chi



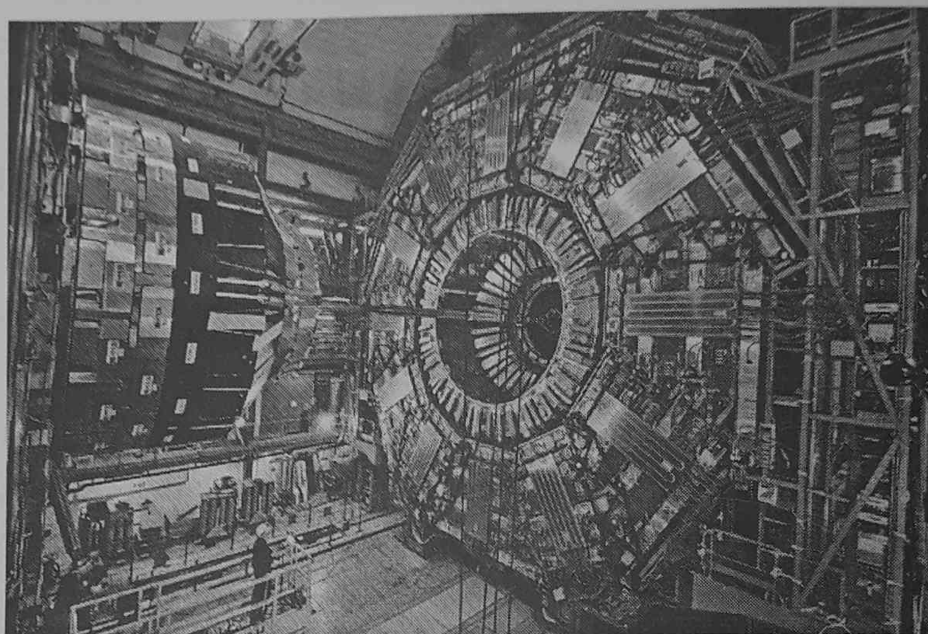
Vấn đề tiếp theo hạt Higgs có thể là vấn đề về số chiều dư ED của không thời gian [1], [2]. *Đây là vấn đề có ý nghĩa lớn đối với vật lí, đề cập đến cấu trúc tinh tế của không-thời gian. Liệu không-thời gian thực tại có 4 chiều (3 chiều không gian và 1 chiều thời gian) hay 5 chiều hay 10, 11 chiều? Các chiều ngoài 4 chiều thông thường được gọi là các chiều dư. Sự phát hiện các ED sẽ là một sự kiện đầy ấn tượng. Các chiều dư đang được truy tìm tại LHC và những máy gia tốc khác. Vấn đề ED là một trong các vấn đề cơ bản nhất của vật lí (và triết học).*

Nếu ED tồn tại người ta hi vọng tạo ra những hạt KK bằng cách cho va chạm những hạt thông thường (ví dụ proton trong trường hợp LHC) (Hình 12).

---

[1] Toàn bộ bài viết được in trong Kỷ yếu: *Hạt Higgs và Mô hình Chuẩn - Cuộc phiêu lưu kì thú của khoa học*, Nxb Tri thức, 2014.

Hiện nay cả ATLAS lẫn CMS đều chưa tìm ra dấu vết của ED. Nếu ED tồn tại mà vẫn chưa được phát hiện như vậy có thể ED có kích thước nhỏ hơn chúng ta nghĩ, bán kính compắc hóa có thể nằm giữa μm (10^{-6}m) và pm (10^{-12}m) [9].



Hình 12. Detector CMS (trên hình vẽ) cùng với detector ATLAS tại LHC, CERN, cung cấp một số lượng khổng lồ các dữ liệu giúp ích cho việc tìm ra các chiều dư.

Khối lượng các hạt KK liên quan đến đại lượng nghịch đảo của ED cho nên tìm được khối lượng các hạt đó ta có độ dài của ED. Máy gia tốc LHC có khả năng khảo sát những thang năng lượng của hầu hết các mô hình ED.

Giới hạn đối với ED cũng có thể tìm thấy trong các thí nghiệm về vật chất tối như trong các thí nghiệm trên detector XENON ở phòng thí nghiệm Gran Sasso nằm sâu trong lòng đất nước Ý. Nếu vật chất tối được cấu thành bởi các hạt KK thì những thí nghiệm này sẽ góp phần xác định kích thước của ED. Người ta hi vọng rằng ED sẽ được sớm tìm ra.

CÂU CHUYỆN "HẠT CỦA CHÚA" ĐÃ KẾT THÚC?

Phạm Việt Hưng



"Hạt của Chúa" ("The Higgs Boson GOD Particle") bởi Michio Kaku.

Tóm tắt. Cuộc săn lùng "hạt của Chúa" đã kết thúc, nhưng câu chuyện về hạt của Chúa thì không! Câu hỏi về sự tồn tại của boson Higgs đã được trả lời, nhưng những câu hỏi mới lại dấy lên. Cảm hứng bởi những câu hỏi mới này, vật lí sẽ sống mãi, và khát vọng khám phá cũng sống mãi.

Theo Mô hình Chuẩn của vật lí hạt cơ bản, hạt Higgs là một boson truyền khối lượng. Sự tồn tại của nó đã được Peter Higgs dự đoán trên lí thuyết từ những năm 1960. Vai trò của nó quan trọng đến nỗi Leon Lederman, nhà vật lí đoạt giải Nobel năm 1988, đã gọi đó là "hạt của Chúa" (God particle). Trong cuốn *The God particle* xuất bản năm 1993, Lederman thuyết phục chính phủ Mĩ cấp cho các nhà khoa học 10 tỉ Đô la để chế tạo một chiếc máy gia tốc đủ mạnh hòng tìm kiếm hạt của Chúa. Lederman

dường như muốn nói: "Hãy giao cho chúng tôi 10 tỉ Đô la và các nhà vật lí sẽ giao nộp Chúa cho các ông!"[1].

Quả nhiên, 19 năm sau, ngày 4 tháng 7 năm 2012, các nhà khoa học tại CERN đã "giao nộp Chúa" cho toàn nhân loại. Tờ *Daily Mail* của Anh loan tin: "Cuộc săn lùng "hạt của Chúa" đã kết thúc!".

Đó là một sự kiện vĩ đại có khả năng làm thay đổi thế giới, được ví như sự kiện Christopher Colombus khám phá ra Mĩ châu năm 1492, hoặc Neil Amstrong đặt chân lên Mặt Trăng năm 1969, hay thậm chí còn hơn thế nữa.

Suốt tháng 7 vừa qua, câu chuyện về hạt Higgs được thảo luận sôi nổi trên khắp địa cầu, từ những trao đổi cá nhân cho tới các diễn đàn quốc gia, quốc tế. Hiếm khi một sự kiện khoa học gây chấn động dư luận đến như thế. Những người không chuyên hỏi nhau "Higgs là cái gì vậy?", còn những người yêu vật lí trên toàn thế giới thì thở phào: rốt cuộc thì loại hạt được coi là "the most elusive" - hay lảng tránh và khó nắm bắt nhất - sau mấy chục năm cũng đã lộ diện!

Mặc dù CERN thận trọng tuyên bố rằng, họ chỉ mới tìm thấy một loại hạt giống như hạt Higgs, nhưng hầu hết mọi người nghĩ rằng đó chính là hạt Higgs. Boson Higgs đã có mặt như một đại diện cuối cùng, bổ khuyết vào chỗ trống chưa được kiểm chứng trong Mô hình Chuẩn suốt mấy chục năm qua. Thiếu nó thì Mô hình Chuẩn giống như một ngôi nhà có cấu trúc không an toàn, có nguy cơ sụp đổ bất kì lúc nào. Có nó thì Mô hình Chuẩn trở thành một kì đài khoa học nguy nga, tráng lệ, vững chắc.

Vậy phải chăng câu chuyện về "hạt của Chúa" đã kết thúc?

KHÔNG! Cuộc săn lùng hạt của Chúa về căn bản đã kết thúc, nhưng câu chuyện về hạt của Chúa không kết thúc! Nó mở ra những chương mới với những câu hỏi mới vô cùng hấp dẫn, báo hiệu một giai đoạn mới của các khám phá vĩ đại đã lấp ló ở phía chân trời.

1. Viễn cảnh vật lí sau ngày 4 tháng 7 năm 2012

Ngày 4 tháng 7 năm 2012 sẽ đi vào lịch sử khoa học như một trong những ngày trọng đại nhất, khi CERN thông báo đã khám phá ra loại hạt mới giống

---

[1] Dẫn theo "Pythagoras" Trousers" của Margaret Wertheim, Fourth Estate, London, 1988, trang 220.

như hạt Higgs. Khai mạc buổi lễ, Tổng Giám đốc CERN, ngài Rolf-Dieter Heuer, long trọng tuyên bố: "Chúng ta đã đạt tới một cột mốc vô cùng quan trọng trong sự hiểu biết tự nhiên. Việc khám phá ra một loại hạt phù hợp với boson Higgs mở ra một con đường đi tới những nghiên cứu chi tiết hơn, đòi hỏi những thống kê lớn hơn cho phép xác định những tính chất của loại hạt mới này, và có khả năng rọi ánh sáng vào những bí mật của vũ trụ"[2].

Paul Dauncey, Giáo sư vật lí hạt cơ bản tại Đại học Imperial ở London nói: "Đây là một đột phá trọng đại đối với sự hiểu biết của chúng ta về vũ trụ. Nếu loại hạt mới này đúng là hạt Higgs như chúng ta nghĩ, thì đó là một loại hạt hoàn toàn mới chưa từng thấy. Chúng ta có thể coi đây là phần cuối cùng của một thách đố, hoàn tất cái được xem như là lí thuyết chuẩn. Nhưng không ai nghĩ đó là điểm kết thúc của câu chuyện, mà có thể là điểm khởi đầu cho một chương mới của vật lí - bước đầu tiên đi tới một cái nhìn căn bản hơn đối với vấn đề làm thế nào mà hình thành nên vạn vật. Đó là lí do vì sao các nhà vật lí bị kích thích; chúng ta chỉ không biết rõ điều này sẽ dẫn đến đâu mà thôi"[3].



Peter Higgs những năm 1960.

Giáo sư Jerome Gauntlett, Chủ nhiệm khoa Vật lí lí thuyết cũng thuộc Đại học Imperial, nhận định: "Sự kiện khám phá ra boson Higgs thực sự là

---

[2] Nguồn: http://www.euronews.com/2012/07/04/scientists-may-have-found-the-god-particle/.

[3] Nguồn: http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2168557/Higgs-boson-Scientists-God-particle.

một khoảnh khắc vĩ đại của khoa học. Ý tưởng của nó bắt nguồn từ những năm 1960 với những công trình đóng góp của Peter Higgs tại Đại học Edinburgh, và bởi Tom Kibble và nhà vật lí đoạt giải Nobel Abdus Salam tại Đại học Imperial. Hơn 50 năm sau, tư tưởng thâm sâu của họ đã được xác nhận một cách đầy ấn tượng và đây là thời điểm huy hoàng của nền khoa học Anh. Giống như mọi khám phá vĩ đại khác, những nghiên cứu chi tiết hơn về hạt Higgs có khả năng tác động vô cùng lớn đối với những câu hỏi mang tính nền tảng của khoa học trong tương lai. Tôi cho rằng, nó sẽ làm sáng tỏ bản chất bí ẩn của vật chất tối đang xâm chiếm vũ trụ, cho biết liệu có tồn tại những chiều bổ sung đối với không gian 3 chiều mà chúng ta vẫn quan sát hay không, và cuối cùng là làm thế nào để thống nhất Mô hình Chuẩn của vật lí hạt cơ bản với lí thuyết hấp dẫn của Einstein"[4].

Nhưng muốn hiểu rõ những ý kiến nói trên, phải có một cái nhìn hệ thống và toàn cảnh đối với boson Higgs.

Nhà vật lí lí thuyết Phạm Xuân Yêm, nguyên Giám đốc nghiên cứu tại CNRS[5], Giáo sư Đại học Marie Curie ở Pháp, đã đưa ra một cái nhìn toàn cảnh và hệ thống về boson Higgs trong bài báo mới nhất của ông: "Hạt Higgs, lực cơ bản thứ năm mới lạ?"[6].

2. Lực cơ bản thứ năm, một câu hỏi thách thức

Tiêu đề của bài báo đã lập tức gợi lên một suy ngẫm triết học mà Immanuel Kant từng nhắn nhủ: "Mỗi câu trả lời lại làm dấy lên những câu hỏi mới".

Vâng, sự tồn tại của hạt Higgs đã được trả lời, và lập tức hàng loạt câu hỏi mới đã xuất hiện. Đó là quy trình bất diệt của nhận thức làm cho cuộc sống của chúng ta mãi mãi lí thú và hấp dẫn bởi sự thách thức và lôi cuốn của cái mới lạ.

---

[4] Nguồn chú thích 2.

[5] Centre National de la Recherche Scientifique, tức Trung tâm Quốc gia về nghiên cứu khoa học của Pháp.

[6] http://vietsciences.free.fr/timhieu/khoahoc/vatly/hatHiggscobanthu5.htm.

Albert Einstein từng nói: "Cái đẹp nhất mà chúng ta có thể chiêm nghiệm là sự bí ẩn. Đó là ngọn nguồn của mọi nghệ thuật và khoa học"[7]. Hạt Higgs đã lộ diện, vì thế cái đẹp bây giờ nằm ở những câu hỏi nảy sinh chính từ sự lộ diện đó:

"Tuy trường Higgs truyền khối lượng cho vạn vật, nhưng cái gì mang lại cho chính hạt Higgs cái khối lượng 126 Gev/c^2 mà cỗ máy siêu gia tốc LHC vừa khám phá ra?", Giáo sư Yêm chất vấn, rồi ông lưu ý: "Đừng quên là khoảng 96% năng-khối lượng trong toàn vũ (được gọi là năng lượng tối và vật chất tối) còn ở ngoài sự hiểu biết hiện nay của con người".

Bài viết của Giáo sư Phạm Xuân Yêm là một bài báo "khổng lồ" với khoảng 7.500 chữ và rất nhiều chi tiết học thuật làm cho người không chuyên rất khó nắm bắt, nhưng tư tưởng xuyên suốt của bài báo lại thể hiện một cách rõ ràng và lí thú ở ngay tiêu đề.

Đó là một câu hỏi rất lớn, bởi nó đụng tới nền tảng của vật lí, và là một câu hỏi thách thức, bởi nếu không trả lời được câu hỏi đó thì vật lí không bao giờ có thể thoả mãn được khát vọng "biết được ý Chúa" của Albert Einstein nói riêng và của các nhà vật lí nói chung.

Nhưng để cảm nhận được tầm sâu sắc của câu hỏi lớn nói trên, không thể không nhắc lại rằng, trước sự kiện khám phá ra hạt Higgs, khoa học đã biết 4 lực cơ bản: hấp dẫn, điện từ, hạt nhân yếu, hạt nhân mạnh. Lí thuyết thống nhất vật lí hiện đại, dưới tên gọi "TOE - Theory of Everything" (Lí thuyết về vạn vật) hoặc "The Final Theory" (Lí thuyết cuối cùng) trong hàng thập kỉ qua đã và đang dồn mọi nỗ lực vào việc thống nhất 4 lực cơ bản. Năm 1969, ba nhà khoa học là Steven Weinberg, Sheldon Glashow và Abdus Salam cùng chia sẻ giải Nobel vì đã chứng minh được bản chất thống nhất của lực điện từ với lực hạt nhân yếu. Thành công vang dội đó làm cháy bùng lên niềm hi vọng rằng, rốt cuộc vật lí sẽ chứng minh được bản chất thống nhất của 4 lực - "tất cả là một, một là tất cả".

Đó chính là lí do ra đời tên gọi "Lí thuyết về vạn vật", hoặc "Lí thuyết cuối cùng", mà về mặt triết học, có thể thấy ngay rằng những tên gọi này

---

[7] The most beautiful thing we can experience is the mysterious. It is the source of all true art and all science.

không ổn. Cả trực giác lẫn logic đều cho thấy không thể có một túi khôn nào cho phép giải thích mọi thứ, không thể có một câu trả lời nào là cuối cùng mà không cần giải thích thêm.

Nhưng vật lí những năm 1970-1980 đã chấp nhận những tên gọi đó. Không phải do các nhà vật lí kém triết học. Đơn giản vì họ tin rằng, con đường thống nhất vật lí là tất yếu, và nếu đã là tất yếu thì trước sau nó phải đi tới đích cuối cùng.

Nhưng chẳng bao lâu sau, trên con đường thống nhất vật lí, người ta gặp phải trở ngại vô cùng lớn khi cố gắng hợp nhất lực hấp dẫn vào trong khuôn khổ của vật lí hạt cơ bản. Trong bối cảnh đó, hạt Higgs càng được coi là một ứng cử viên sáng giá cho mục tiêu hợp nhất này, bởi nó là hạt truyền khối lượng cho các hạt khác, tức là nguồn gốc sâu xa tạo nên trường hấp dẫn.

Madeleine Nash, tác giả bài báo "Unfinished Symphony" ("Bản Giao hưởng Bỏ dở")[8] trên tạp chí *Times* ngày 31 tháng 12 năm 1999 là một trong những người tin tưởng vào "ứng cử viên Higgs" cho một lí thuyết thống nhất, khi bà nói rằng với cỗ máy LHC bắt đầu đi vào hoạt động tại Geneve từ năm 2005, sẽ có cơ may khám phá ra hạt của Chúa, và do đó sẽ có cơ may dẫn tới việc hoàn thành "Bản Giao hưởng bỏ dở", tức Lí thuyết Trường thống nhất (Unified Field Theory) do Albert Einstein khởi xướng từ những năm 1920, mà TOE sau này chỉ là một sự nối tiếp.

Giờ phút này, có lẽ Nash đang là một trong những người phấn khởi nhất với việc khám phá ra hạt Higgs. Nhưng nếu được đọc bài báo của Giáo sư Phạm Xuân Yêm "Hạt Higgs, lực cơ bản thứ năm mới lạ?", hẳn bà sẽ phải bình tâm suy nghĩ lại: Nếu quả thật tồn tại một loại lực mới, lực thứ năm, thì mục tiêu "biết được ý Chúa" vẫn còn xa vời lắm.

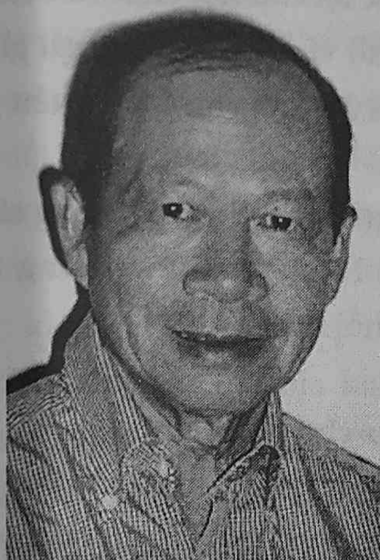
Thật vậy, khi hạt Higgs vẫn còn là một dự đoán, những môn đệ của lí thuyết về vạn vật vẫn thường nghĩ rằng, nếu thống nhất được 4 lực trong siêu lực (superforce) thì sứ mệnh căn bản của vật lí coi như đã được hoàn

---

[8] "Unfinished Symphony" là tên bản giao hưởng rất nổi tiếng và cuối cùng của Franz Schubert, được coi là một tuyệt tác âm nhạc. Nhiều nhạc sĩ hậu thế tài ba muốn hoàn thành nốt nhưng không ai thành công. Thậm chí người ta đã dùng computer để giải mã "Schubert's style" (phong cách Schubert) để theo đó mà viết tiếp, nhưng rồi cũng thất bại. Đối với Madeleine Nash, Lí thuyết Trường thống nhất của Einstein cũng là một "Bản Giao hưởng bỏ dở".

thành. Khi đó, mọi hiện tượng vật lí đều có thể giải thích được, giấc mơ của Einstein muốn "biết được ý Chúa" coi như đã trở thành hiện thực.

Nhưng thay vì hạt Higgs làm cho chúng ta tiến gần hơn tới chỗ "biết được ý Chúa", những người sâu sắc lại sớm nhận thấy rằng mục tiêu ấy vẫn còn quá xa: hoá ra tự nhiên không chỉ có 4 lực như đã biết, mà có những 5!



GS. Phạm Xuân Yêm:
"Tuy trường Higgs truyền khối lượng cho vạn vật, nhưng cái gì mang lại cho chính hạt Higgs cái khối lượng 126 Gev/c^2 mà chiếc máy siêu gia tốc LHC vừa khám phá ra? Đừng quên là khoảng 96% năng-khối lượng trong toàn vũ trụ (mệnh danh là năng lượng tối và vật chất tối) hãy còn ở ngoài sự hiểu biết hiện nay của con người".

Đọc câu thơ của Nguyễn Bính "Chín năm đốt đuốc soi rừng" mà Giáo sư Yêm lấy làm đề từ cho bài viết, tôi có cảm tưởng ông cũng chia vui và thở phào cùng cộng đồng vật lí toàn thế giới vì đã trải qua không chỉ chín năm, mà những nửa thế kỉ chờ đợi phút lộ diện của hạt Higgs. Nhưng dường như ông thuộc trong số những tâm hồn lãng mạn, không thích sự thoả mãn, nên đã ngay lập tức để tâm tới những thách đố mới, mà có lẽ theo ông, thách đố lớn nhất là sự xuất hiện của một loại lực mới: lực cơ bản thứ năm!

Giáo sư Yêm viết: "Nó[9] mở đầu một chương mới trong vật lí vì *đây là lần đầu tiên con người khám phá ra một lực mới lạ, lực mang khối lượng cho vật chất, coi như lực cơ bản thứ năm của tự nhiên*, bên cạnh bốn lực cơ bản quen thuộc..."[10].

[9] Tức sự kiện khám phá ra hạt Higgs.

[10] Những chữ in nghiêng do tôi (P.V.H) nhấn mạnh.

Với sự hiện diện của hạt Higgs, bài toán thống nhất 4 lực vừa loé lên niềm hi vọng sẽ có cơ may nắm lấy "chiếc chén thánh"[11] (The Holy Grail) của vật lí. Nhưng "chiếc chén thánh" ấy lập tức lại bị đẩy ra xa bởi nó đòi hỏi phải hợp nhất 5 lực!

Mặc dù sự xuất hiện của một loại lực mới, lực thứ năm, được Giáo sư Yêm nêu lên dưới dạng một câu hỏi nghi vấn, nhưng đó là một nghi vấn hoàn toàn thuyết phục. Một lần nữa xin nhắc lại câu hỏi chất vấn của ông:

"Tuy trường Higgs truyền khối lượng cho vạn vật, nhưng cái gì mang lại cho chính hạt Higgs cái khối lượng 126 Gev/c^2 mà chiếc máy siêu gia tốc LHC vừa khám phá ra?".

Thật vậy, khối lượng của các hạt được giải thích bởi sự tương tác giữa chúng với trường Higgs, nhưng chính hạt Higgs - những lượng tử của trường Higgs - thì tương tác với "ai" để có khối lượng?

Đó là một câu hỏi không thể né tránh.

Đọc bài báo của Giáo sư Yêm, có nhiều chữ trong đó độc giả có thể quên, nhưng không thể quên câu hỏi chất vấn trên. Đó là câu hỏi thú vị nhất và có lẽ là duy nhất, trong số không ít những bài báo liên quan đến sự kiện khám phá ra hạt Higgs mà tôi đã đọc trong thời gian vừa qua.

Và mặc dù bài báo của Giáo sư Yêm không đả động gì đến bài toán thống nhất 5 lực, nhưng một cách tất yếu người đọc sẽ phải nghĩ tới bài toán đó: Nếu tồn tại 5 lực thì hiển nhiên là Lí thuyết thống nhất lớn vật lí chỉ có thể thành công nếu nó chứng minh được bản chất thống nhất của 5 lực.

Vì thế, tuy Stephen Hawking bị mất 100 Đô la vì đã thua khi đánh cuộc với Gordon Kane tại Đại học Michigan rằng sẽ không thể tìm thấy hạt Higgs, nhưng ông sẽ càng có nhiều lí do hơn để củng cố quan điểm cho rằng không thể có một Lí thuyết về vạn vật, như ông đã trình bày trong bài báo "The Elusive Theory of Everything"[12] trên tờ *Scientific American* ngày 27 tháng 9 năm 2010.

---

[11] Một thành ngữ trong nền văn hoá Tây phương. Nghĩa đen là chiếc chén Chúa Jesus đã dùng trong "bữa tiệc li" - bữa tiệc cuối cùng với các môn đệ trước khi Chúa bị hành hình; nghĩa bóng ám chỉ những siêu tham vọng, những kế hoạch không tưởng, khó với tới. Nền văn hoá Tây phương thường dùng thành ngữ này với nghĩa bóng.

[12] Xem "Lí thuyết về mọi thứ, một lí thuyết khó đạt được" của Stephen Hawking và Mlodinov, bản dịch của Phạm Việt Hưng trên *Khoa học & Tổ quốc* tháng 03.2012, và trên mạng: http://vietsciences.free.fr/ hoặc http://viethungpham.wordpress.com/.

Nếu việc khám phá ra hạt Higgs làm cho bài toán thống nhất các lực trở nên phức tạp hơn gấp bội, thì nó lại làm sáng tỏ nhiều khái niệm cơ bản của vật lí học mà từ xưa tới nay chúng ta tưởng rằng "biết rồi, khổ lắm, nói mãi". Điển hình là nhận thức hoàn toàn mới về bản chất của khối lượng.

Theo Giáo sư Yêm, nguồn gốc của khối lượng là sự tương tác của vật chất với trường Higgs trong chân không lượng tử, thay vì là số đo lượng vật chất chứa trong vật thể như một thuộc tính "vốn có" của tự nhiên mà chúng ta vẫn thừa nhận một cách mơ hồ trong hàng trăm năm qua.

Thiết nghĩ đây là điểm đặc biệt đáng lưu tâm đối với các nhà viết sách giáo khoa vật lí, bởi khối lượng là một khái niệm cơ bản của vật lí, bắt buộc phải trình bày cho học sinh từ cấp phổ thông. Các nhà cải cách giáo dục nghĩ gì khi đặt bút (gõ computer) để viết sách giáo khoa vật lí cho niên học 2012-2013, khi định nghĩa khối lượng là gì? Liệu có thể chấp nhận khái niệm mù mờ khối lượng là số đo lượng vật chất chứa trong vật thể nữa hay không? Hay khối lượng là đặc trưng vật chất quyết định tương tác hấp dẫn giữa các vật thể với nhau? Hay khối lượng là đặc trưng vật chất được quyết định bởi tương tác giữa các hạt cơ bản cấu tạo nên vật thể đó với trường Higgs? Rõ ràng định nghĩa sau cùng là đúng nhất, kể từ sau ngày 4 tháng 7 năm 2012 - ngày hạt Higgs lộ diện. Với định nghĩa đó, chúng ta mới có thể hiểu được một tính chất vô cùng hệ trọng của vật lí hiện đại: khối lượng có thể thay đổi, tuỳ thuộc vào tương tác với trường Higgs mạnh hay yếu! Điều này đã được biết trong vật lí hạt cơ bản, ngay cả khi sự tồn tại hạt Higgs chưa được xác nhận.

Nhưng làm thế nào để nói với học sinh phổ thông, nhất là ở các lớp dưới, về những chuyện phức tạp của trường Higgs? Đây là một thử thách đối với các nhà giáo dục, đặc biệt với các nhà viết sách giáo khoa.

Về mặt triết học nhận thức, đặc biệt là nhận thức tự nhiên, việc khám phá ra hạt Higgs là một cuộc cách mạng trong nhận thức đối với khái niệm khối lượng. Hoá ra định luật vạn vật hấp dẫn của Newton có nguồn gốc xa xôi là hạt Higgs. Hoá ra lí thuyết hấp dẫn của Einstein, tức thuyết tương đối tổng quát, cũng bị chi phối bởi hạt Higgs.

Chỉ chừng ấy thôi có lẽ cũng đã quá đủ để hình dung được tầm ảnh hưởng vô cùng sâu rộng của hạt Higgs đối với tương lai của vật lí, mà hiện nay ít ai có thể lường hết được.

Hạt Higgs quan trọng như thế, nhưng trớ trêu thay, cho đến lúc này, hạt Higgs vẫn nổi tiếng hơn rất nhiều so với "nhà tiên tri" đã tiên đoán sự hiện hữu của nó. Điều này có phần tương tự như Tháp Eiffel nổi tiếng hơn rất nhiều so với cha đẻ của nó, Gustave Eiffel. Vậy sẽ là công bằng hơn nếu chúng ta dành chút thì giờ để tìm hiểu người mà hạt Higgs đã mang tên.

3. "Nhà tiên tri" thầm lặng

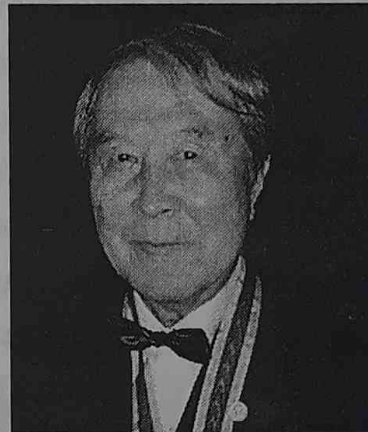
Ngày 29 tháng 5 năm 2012 vừa qua, Peter Higgs vừa kỉ niệm sinh nhật lần thứ 83. Ông sinh tại Wallsend, North Tyneside, thuộc Scotland, nước Anh. Thân phụ ông là một kĩ sư âm thanh của Đài BBC. Thời trẻ, Higgs có giai đoạn theo học tại Cotham Grammar School, nơi Paul Dirac, một trong những nhà cha đẻ của lí thuyết cơ học lượng tử, đã từng học. Higgs cho biết ông đã từng được truyền cảm hứng từ các công trình của Dirac ngay từ hồi còn là học sinh của trường đó.

Năm 17 tuổi, ông theo học Đại học City of London, chuyên ngành toán, rồi tiếp tục học Đại học King's College, nơi ông đã tốt nghiệp với thành tích đứng đầu về vật lí. Cũng tại đó ông đã hoàn thành luận án thạc sĩ, rồi tiến sĩ. Sau đó trở thành hội viên nghiên cứu cao cấp tại Đại học Edinburgh, rồi đảm nhiệm nhiều chức vụ khác nhau tại Đại học College London và Đại học Imperial London, trước khi trở thành giảng viên tạm thời môn toán tại Đại học College London.

Năm 1960, ông trở lại Đại học Edinburgh và làm giảng viên tại Học viện toán lí Tait. Mãi tới năm 1980, ông mới được bổ nhiệm chức Giáo sư vật lí lí thuyết tại Đại học Edinburgh. Vinh quang đầu tiên đến với ông vào năm 1983 khi ông được bầu làm hội viên Hội Hoàng gia Anh. Năm sau ông được trao tặng huân chương và giải thưởng Rutherford. Năm 1991, ông trở thành thành viên Hội vật lí. Năm 1996, ông về hưu và trở thành Giáo sư danh dự của Đại học Edinburgh. Năm 2008, ông được bầu làm Giáo sư danh dự của Đại học Swansea vì những công trình về vật lí hạt cơ bản.

Tại Đại học Edinburgh, Higgs bắt đầu quan tâm đến vấn đề khối lượng của các hạt cơ bản. Ông đã phát triển một tư tưởng cho rằng, vào lúc ban đầu của vũ trụ, các hạt không có khối lượng, nhưng sau một khoảnh khắc cực kì ngắn, chúng bắt đầu có khối lượng do tương tác với một trường đặc biệt mà sau này được gọi là trường Higgs. Ông nêu giả thuyết cho rằng trường này choán đầy vũ trụ, truyền khối lượng cho tất cả các hạt cơ bản tương tác với nó.

Sẽ là thú vị nếu biết rằng, tư tưởng của Higgs lấy cảm hứng từ những công trình của nhà vật lí lí thuyết Nhật Bản Yoichiro Nambu, Giáo sư Đại học Chicago, đoạt giải Nobel Vật lí năm 2008.



Yoichiro Nambu

Giáo sư Nambu đề xuất một lí thuyết được gọi là sự phá vỡ đối xứng tự phát, dựa trên những hiện tượng siêu dẫn. Tuy nhiên, lí thuyết này dẫn tới việc tiên đoán các hạt không có khối lượng, một tiên đoán bị coi là sai (định lí Goldstone).

Năm 1964, một "ánh chớp cảm hứng" loé lên trong đầu Higgs khi ông đi bộ trong công viên quốc gia Cairngorms. Về tới nhà, ông viết ngay một công trình ngắn khai thác một lỗ hổng trong định lí Goldstone, và cuối năm đó, công trình đã được công bố trên tạp chí *Physics Letters*, một tạp chí Âu châu được thực hiện tại CERN, Thụy Sĩ.

Sau đó ông viết tiếp công trình thứ hai mô tả một mô hình lí thuyết, nay được gọi là "cơ chế Higgs" (Higgs mechanism), nhưng công trình này bị từ chối

đăng. Ban biên tập của tạp chí *Physics Letters* nhận xét công trình này "không có mối liên hệ rõ ràng đối với vật lí" (of no obvious relevance to physics).

Higgs liền viết một phụ lục bổ sung và gửi toàn bộ công trình tới tạp chí *Physical Review Letters*, một tạp chí vật lí hàng đầu khác, và tạp chí này đã công bố công trình của ông vào cuối năm đó. Chính trong công trình này, ở phần kết, lần đầu tiên Higgs đã đề cập tới sự tồn tại của một trường vô hướng mà các lượng tử của trường đó là các boson truyền khối lượng. Steven Weinberg nhận thấy vai trò thiết yếu của các boson này và ông gọi chúng là boson Higgs. Và như chúng ta đã biết, Leon Lederman gọi đó là "hạt của Chúa", mặc dù lúc đầu ông định gọi là "hạt chết tiệt"[13].

Khả năng "tiên tri" của Higgs thật kì lạ. Ánh chớp loé lên trong đầu ông khi ông đi bộ trong công viên Cairngorms đã dẫn tới việc tiên đoán sự hiện hữu của một loại boson chưa từng biết, và niềm tin ấy mạnh mẽ đến nỗi nó không hề lay chuyển và đeo đẳng ông trong suốt cuộc đời, ngay cả khi ông phải đối mặt với những thử thách như chơi đỏ đen. Thật vậy, trong đợt thí nghiệm được chuẩn bị công phu nhất, lớn nhất, khởi động từ cuối năm 2008 tại CERN, mà Higgs được mời tới chứng kiến, với dự đoán của nhiều nhà khoa học rằng đây là cuộc thí nghiệm "một mất một còn", "được ăn cả ngã về không" với boson Higgs, thì Peter Higgs, lúc đó đã chuẩn bị bước vào tuổi 80, vẫn biểu lộ niềm tin của ông một cách rất giản dị, nhưng quả quyết: "Có nhiều khả năng là hạt này sẽ lộ diện trong chớp nhoáng... Tôi chắc chắn tới 90% rằng điều đó sẽ xảy ra", Higgs nói với các nhà báo.

Đó là một tiên tri nhỏ nằm trong một tiên tri lớn: boson Higgs ắt phải tồn tại! Ông chỉ đoán sai chút xíu về thời điểm phát hiện được hạt Higgs, khi nói rằng ông hi vọng thí nghiệm tại CERN cuối năm 2008 đầu 2009 sẽ phát hiện được nó trước dịp sinh nhật lần thứ 80 của ông, tức trước ngày 29 tháng 5 năm 2009. Có thể người thân, bạn bè và đồng nghiệp của ông còn sốt ruột và mong đến dịp sinh nhật đó hơn ông, để được chúc mừng ông những lời chúc tốt đẹp nhất. Nhưng chính ông đã lường trước mọi khó khăn để kiên trì chờ đợi. "Tất cả sẽ xảy ra quá nhanh đến nỗi sự xuất hiện của boson Higgs có thể bị che lấp

---

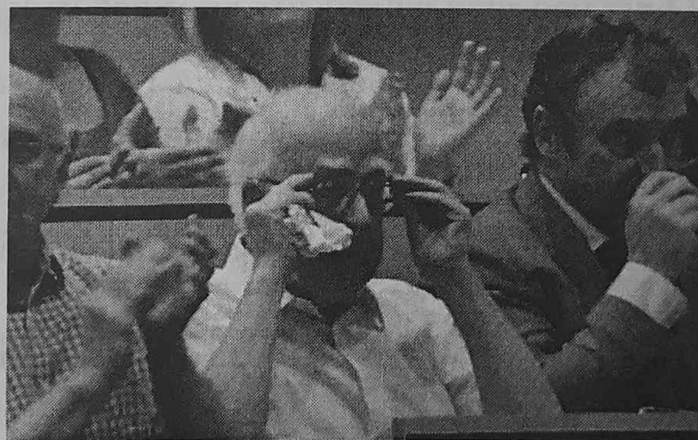
[13] "goddamn particle". Wikipedia, "Peter Higgs", phần cuối. http://en.wikipedia.org/wiki/Peter_Higgs.

trong đống dữ liệu thu thập được, và cần phải có một thời gian dài để tìm thấy nó", Higgs nói, rồi kết luận: "Có lẽ tôi phải uống sâm banh có đá để chờ đợi"[14].

Rốt cuộc, cái gì phải đến đã đến: hạt Higgs đã xuất hiện! Ngày 4 tháng 7 năm 2012 là một cột mốc chói lọi trong lịch sử khoa học, khép lại chương đầu tiên của câu chuyện "hạt của Chúa", mở đầu chương mới mà chỉ những người mê đọc sách mới có thể dự đoán chuyện gì sẽ xảy ra.

Bản thân Higgs nghĩ gì về khám phá mới này?

Ông lau nước mắt khi nghe giám đốc của CERN tuyên bố dõng dạc đã xác định được dấu vết của loại hạt mới giống như hạt Higgs. Nhưng với tính cách thầm lặng và khiêm tốn vốn có, ông cho rằng vì "tuổi thọ" của hạt Higgs quá ngắn ngủi nên nó khó có thể có ứng dụng thực tiễn. Phát biểu tại Đại học Edinburgh, Higgs giải thích: "Có lẽ đó là một phần triệu của một phần triệu của một phần triệu của một phần triệu của 1 giây. Tôi không biết làm thế nào mà ứng dụng một hạt như thế cho bất kì cái gì hữu ích. Tìm ứng dụng hữu ích cho những hạt cơ bản có tuổi thọ dài hơn cũng đủ khó lắm rồi. Có thể một số loại hạt có đời sống kéo dài khoảng một phần triệu của 1 giây đã được ứng dụng trong y khoa. Nhưng làm thế nào để tìm được ứng dụng cho một loại hạt quá ngắn ngủi như hạt Higgs thì tôi không biết"[15].



Ngày 4 tháng 7 năm 2012, Peter Higgs, 83 tuổi, không cầm được nước mắt khi nghe CERN thông báo đã tìm thấy boson Higgs mà ông đã "tiên tri" từ 48 năm trước.

---

[14] Xem "Cuộc săn lùng Hạt thần thánh" của Phạm Việt Hưng trên *Khoa học & Tổ quốc* tháng 08-2008, và trên các trang mạng: http://vietsciences.free.fr/ ; http://viethungpham.wordpress.com/.

[15] http://l7world.com/2012/07/scientists-prove-the-existence-of-god-particle.html.

Có một "chuyện nhỏ" về Higgs tưởng cũng nên biết: bản thân ông là người vô thần, nên ông không hài lòng khi người ta gọi hạt Higgs là "hạt của Chúa". Theo ông, cách gọi này có thể xúc phạm những người có tôn giáo. Vậy tại sao người đời lại nghĩ ra tên gọi đó?

4. "Hạt của Chúa", tại sao?

Chính Lederman đã giải thích rằng ông gọi boson Higgs là "hạt của Chúa" vì hạt này đóng vai trò "vô cùng trọng yếu đối với vật lí hiện đại, vô cùng quyết định đối với sự hiểu biết cuối cùng của chúng ta về cấu trúc vật chất, mà đến nay (hạt này) vẫn vô cùng khó nắm bắt"[16].

Ai cũng biết, nền văn minh Tây phương vốn chịu ảnh hưởng sâu sắc của nền văn minh Thiên Chúa giáo, trong đó Chúa đóng vai trò sáng tạo ra cái ban đầu, quyết định những giá trị cốt lõi của cuộc sống, đồng thời tạo nên nền tảng của mọi cấu trúc trong vũ trụ. Nếu vậy thì boson Higgs chính là "hạt của Chúa", tên gọi ấy hoàn toàn phù hợp với những gì khoa học nghĩ về hạt Higgs.

Nó là cái khởi đầu của vũ trụ, vì theo Peter Higgs, lúc đầu các hạt không có khối lượng, nhưng do tương tác với trường Higgs mà nhận được khối lượng. Nó cũng là trung tâm của vật lí hiện đại, đóng vai trò quyết định đối với sự hiểu biết cuối cùng, bởi vì trước ngày 4 tháng 7 năm 2012, Mô hình Chuẩn có 17 hạt, trong đó 16 hạt đã được thực nghiệm xác nhận, chỉ còn một hạt duy nhất chưa tìm thấy, đó là boson Higgs. Có nghĩa là nếu tìm thấy hạt Higgs thì Mô hình Chuẩn sẽ trở nên hoàn hảo, khoa học đã khám phá ra bản chất tận cùng của vật chất, và giấc mơ "biết được ý Chúa" của Einstein có cơ may trở thành hiện thực. Nhưng...

Câu hỏi lớn nêu lên trong bài báo của Giáo sư Phạm Xuân Yêm đặt chúng ta vào một tình thế trung dung, không thái quá: trong khi vui mừng vì một thắng lợi vĩ đại của khoa học vừa đạt được, chúng ta biết rằng không có lí do để lạc quan tếu - để nói rằng chúng ta đã đạt được những hiểu biết cuối cùng của cấu trúc vật chất.

---

[16] Xem Wikipedia, mục từ "The God Particle": http://en.wikipedia.org/wiki/The_God_Particle:_If_the_Universe_Is_the_Answer,_What_Is_the_Question%3F.

Cấu trúc vật chất có nhiều tầng. Tầng vĩ mô, tầng phân tử, tầng nguyên tử, tầng hạ nguyên tử. Đối với hiểu biết hiện nay, tầng hạ nguyên tử được coi là tầng sâu nhất, nhỏ nhất. Đó là lí do để nhiều nhà vật lí nghĩ rằng, nếu tìm thấy hạt Higgs thì coi như chúng ta đã đạt được những hiểu biết cuối cùng của cấu trúc vật chất, bởi khi đó tất cả 17 hạt cơ bản đều được thực nghiệm khám phá hết, không còn gì thiếu sót, như Giáo sư Yêm đã nói.

Tuy nhiên, Giáo sư Yêm không nói đó là những hiểu biết cuối cùng của cấu trúc vật chất. Ông vẫn hướng chúng ta tới những phát triển xa hơn.

"Điều này khẳng định hơn bao giờ hết sự vững chắc của Mô hình Chuẩn, một lí thuyết nền tảng, một hệ hình mà từ đây mọi phát triển sau này đều phải dựa vào để phát triển xa hơn nữa", Giáo sư Yêm viết.

Thật vậy, những ai đã thấm nhuần tư tưởng của Niels Bohr về hiện thực lượng tử thì hẳn sẽ không bao giờ nói đến cái cuối cùng. Con mắt triết học gợi ý cho chúng ta thấy rằng vật chất là vô cùng vô tận, thậm chí vật lí giao thoa với Phật học để giải thích những khái niệm cực kì khó hiểu như "sắc sắc không không" - có đấy mà hoá không, không đấy mà hoá có.

Đối với Einstein, nếu Mặt Trăng không tồn tại thì ông sẽ ngừng nghiên cứu vật lí. Các hạt cơ bản cũng vậy. Nhưng Bohr ngờ rằng không có một hiện thực lượng tử như ta tưởng. Đối với Bohr, thế giới hạ nguyên tử bản thân nó chứa đựng những đặc trưng hoàn toàn khác mà mọi mô tả của chúng ta đều không thể nắm bắt chính xác được, đơn giản vì ngôn ngữ chúng ta sử dụng để mô tả thế giới, bất kể ở cấp độ nào, đều là sản phẩm của đời sống vĩ mô. Vì thế, một khi đã thấm nhuần tư tưởng của Bohr, chúng ta có thể nghĩ rằng Mô hình Chuẩn là mô hình tốt nhất hiện có để mô tả thế giới lượng tử, thay vì coi đó là những hiểu biết cuối cùng. Nhưng có bao nhiêu nhà vật lí suy nghĩ như Bohr? "Các nhà vật lí ngoài miệng thì nói theo Bohr và phủ nhận Einstein, nhưng cuối cùng phần lớn trong số họ lại chẳng hiểu những gì Bohr nghĩ và rồi vẫn suy nghĩ như Einstein", nhà vật lí Basil Hiley đã nói như vậy[17].

---

[17] Xem *Từ xác định tới bất định*, David Peat, bản dịch tiếng Việt của Phạm Việt Hưng, Nxb Tri thức 2011, trang 53.

Hồi nhỏ học Vật lí, thầy giáo dạy: "Phân tử là thành phần nhỏ nhất của vật chất, các phân tử gộp lại tạo nên các vật thể như chúng ta trông thấy...". Sang môn Hoá, thầy dạy Hoá cũng nói "nguyên tử là thành phần nhỏ nhất của vật chất,...". Cái đầu trẻ con của tôi lúc đó cảm thấy khó chịu vô cùng. Tôi không hiểu tại sao lại có nhiều cái "nhỏ nhất" khác nhau như thế. Tất nhiên đó là lỗi của người dạy học. Con búp bê Matryoshka của Nga có con đầu và con cuối, chiếc hộp Trung Hoa (Chinese box) cũng có hộp đầu và hộp cuối, nhưng cái đầu trẻ con của tôi ngày xưa đã biết hỏi thầy dạy Sinh vật rằng: "Con gì tiến hoá thành con A-míp?", bởi vì thầy dạy con A-míp là động vật đơn giản nhất, có duy nhất một tế bào, nó là động vật đầu tiên để tiến hoá dần lên thành những động vật cấp cao hơn.

Nhưng bất chấp những câu hỏi triết học, con người có xu hướng đi tìm nguyên nhân đầu tiên và kết quả cuối cùng. Không phải những người ít học mắc lỗi đó. Nhiều bộ não vĩ đại nhất cũng mắc sai lầm này. Điển hình là David Hilbert, nhà toán học lỗi lạc của thế kỉ 20, phạm sai lầm lớn khi mơ tưởng sẽ khám phá ra một hệ thống toán học cuối cùng - một hệ logic tuyệt đối phi mâu thuẫn được xây dựng trên một hệ tiên đề độc lập, đầy đủ, phi mâu thuẫn. Nhưng Kurt Godel đã chỉ ra rằng không tồn tại một hệ logic hình thức nào là đầy đủ - mọi hệ logic đều bất toàn.

Vật lí tuy không phải là một hệ logic hình thức, nhưng ngôn ngữ diễn đạt nó là toán học và ngôn ngữ thông thường. Cả hai thứ ngôn ngữ này đều bất toàn, vậy làm sao có thể có một hệ thống vật lí tuyệt đối hoàn hảo để coi là cuối cùng? Mô hình Chuẩn hôm nay được coi là đầy đủ, nhưng có thể nó sẽ không còn đầy đủ nữa nếu một ngày nào đó khoa học xác nhận sự tồn tại của loại lực thứ năm mới lạ mà Giáo sư Yêm đã chất vấn.

Nhận thức có giới hạn. Chúng ta có thể đặt câu hỏi cho cái xảy ra trước và cái xảy ra tiếp theo chứ không thể khẳng định cái đầu tiên và cái kết thúc.

So sánh việc khám phá hạt Higgs với các sự kiện trong quá khứ, tôi có cảm giác nó cũng vĩ đại tương tự như việc khám phá ra bảng nguyên tố tuần hoàn Mendeleev cách đây vài thế kỉ, hoặc việc khám phá ra mô hình phân tử DNA cách đây 59 năm, hoặc gần đây nhất là bản đồ gene người, công bố năm 2000.

Nếu bản đồ gene người quan trọng đối với sinh học, di truyền học và y học như thế nào thì có lẽ Mô hình Chuẩn của vật lí cũng quan trọng đối với vật lí như thế. Khó có thể nói cái nào quan trọng hơn cái nào. Nhưng có lẽ không ai dám nói việc khám phá ra bản đồ gene người có nghĩa là đã đạt tới hiểu biết cuối cùng về cơ chế di truyền ở con người!

Ngược lại, chính việc công bố bản đồ gene người đã làm giới khoa học sửng sốt ngạc nhiên vì hoá ra con người cũng chỉ có khoảng hơn 3 vạn gene, xấp xỉ như loài chuột! Ngay tức khắc một hệ luận vô cùng quan trọng được rút ra: số lượng gene không quyết định mức độ phức tạp của sinh thể.

Đây là một đòn trời giáng vào những bộ óc bảo thủ quen nhìn vũ trụ bằng con mắt vật chất định lượng - sinh vật có càng nhiều gene thì càng phức tạp và ngược lại càng phức tạp thì càng nhiều gene.

Từ chỗ biết rằng số lượng gene không nói lên tính phức tạp sinh học, gần đây di truyền học đã khám phá ra rằng đặc trưng sinh học không tương ứng 1 - 1 với gene, có nghĩa là không phải cứ mỗi gene quyết định một đặc tính sinh học. Steve Jones, Giáo sư di truyền học tại Đại học London, nói: "Một từ ngữ bị hiểu sai nhiều nhất trong di truyền học là chữ "for" (dành cho), như trong câu "gene dành cho một cái gì đó". Chẳng có một gene dành cho bất cứ cái gì cả. Một gene chỉ là một chất hoá học mà bạn có thể nhỏ vào một ống nghiệm. **Các gene chỉ biểu lộ tác động của chúng theo những tổ hợp riêng biệt, và quan trọng nhất là trong những môi trường riêng biệt**. Đó là yếu tố cơ bản"[18].

Có nghĩa là mỗi đặc tính sinh học không tương ứng với một gene cá biệt, mà tương ứng với một tổ hợp gene. Thậm chí các gene trong tổ hợp lại hoạt động theo những cơ chế bật/tắt rất khó hiểu, mà hầu như hiện nay khoa học chưa biết gì về cơ chế đó. Vả lại, với 3 vạn gene, chúng ta sẽ có hàng tỉ tỉ tổ hợp, như thế thì làm sao có thể tự phụ để tuyên bố rằng khoa học đã đạt tới sự hiểu biết tận cùng về cấu trúc di truyền? Và do đó có nên nói rằng Mô hình Chuẩn là sự hiểu biết tận cùng về cấu trúc vật chất? Nếu

---

[18] Xem "Gene tội phạm, một dấu hỏi lớn" của Phạm Việt Hưng trên *Khoa học & Tổ quốc* tháng 12.2011 và trên các trang mạng: http://vietsciences.free.fr/ ; http://viethungpham.wordpress.com/.

tồn tại lực thứ năm thì cái gì ẩn đằng sau lực đó? Lại một hạt khác nào nữa chăng?

Đó là cả một câu chuyện dài không có hồi kết. Và chính vì thế mà vật lí sẽ sống mãi. Khát vọng khám phá sẽ sống mãi!

Sydney 12.08.2012

RICHARD FEYNMAN VÀ VẬT LÍ ĐƯƠNG ĐẠI

Nguyễn Đức Tường



Richard Phillips Feynman
1918 - 1988

Richard Phillips Feynman là một trong một số nhỏ những nhà vật lí quan trọng nhất của thế kỉ 20, và có lẽ của mọi thế kỉ; theo tạp chí Anh *Physics World*, Feynman được bầu là một trong số 10 nhà vật lí lớn nhất của mọi thời đại. Bàn về cuộc đời và sự nghiệp của ông trong vài trang giấy là một việc làm phi lí vì đó là một điều không thể, ngoại trừ ta bằng lòng với một bài viết tóm tắt vài nét chính như công việc tôi đang làm để gửi tới người đọc.

Khi tôi bước vào cao học, phương danh của Feynman quen thuộc với tôi không phải qua những bài khảo cứu điên đầu mà là qua bộ sách gồm 3 cuốn *The Feynman Lectures on Physics. The Feynman Lectures*... gồm những bài giảng vật lí cơ bản dành cho sinh viên hai năm đầu đại học tại Caltech vào những năm 1961-1962. Qua bộ sách này, vì không phải quá bận tâm về toán nên tôi có thể nghiền ngẫm về vật lí; chẳng những biết thêm được nhiều điều độc đáo mà nhiều thắc mắc, chưa hiểu rõ hay những câu hỏi chưa biết hỏi ai còn tồn đọng từ những năm trước, đã phần lớn được giải đáp.

Trong số những bài giảng độc đáo có một bài được chú thích là có mục đích giải trí vì không liên quan đến những bài tiếp sau, nhan đề *Nguyên lí Tác dụng Cực tiểu* (The Principle of Least Action) mà ta sẽ còn gặp lại ở dưới; bài dài 14 trang giấy cỡ lớn, chữ in nhỏ, được giữ gần như nguyên văn.

Đúng với phong cách của Feynman, bài giảng bắt đầu dễ dàng với mẩu chuyện cũ, thời ông còn đi học, từ từ như dòng nước chảy, làm thế nào để nguyên lí tác dụng cực tiểu thiết lập lại được định luật Newton trong động lực, rồi làm thế nào nguyên lí này có thể dùng cho những bài toán vật lí khác. Toán được dùng tuy ít nhưng một sinh viên trung bình, nếu chú ý, có thể sớm thêm được một công cụ mới thuộc lớp trên là *phép tính biến phân* - calculus of variations; điều chắc chắn là đối với một số lớn những người nghiên cứu hay giáo sư, sự thu nhập có lẽ được nhiều hơn. Bộ sách vẫn được tiếp tục in bán ngày nay; trực tiếp hay gián tiếp, trước hết, Feynman là ông thầy của nhiều thế hệ những người học vật lí.

Thế nhưng hình ảnh đầu tiên về Feynman mà tôi còn giữ được là bức ảnh một anh chàng tinh nghịch ngồi đánh cái trống *bongo*, cả mắt lẫn miệng cùng cười, vô cùng khoái trá. Bức ảnh và giai thoại về Feynman khiến tôi nghĩ đến một thi hào của ta, Nguyễn Công Trứ. Tương truyền rằng thuở hàn vi, có một thời cụ Thượng Trứ làm "phụ tá" cho một cô hát ả đào. Sau này khi làm quan, một hôm ngồi sau màn nghe hát, quan nhận ra người cũ:

Giang sơn một gánh giữa đồng,
Thuyền quyên ứ hự anh hùng nhớ chăng?

Từ thời còn đi học, tôi cứ tò mò không biết anh chàng phụ tá này táy máy những gì và người đẹp "ứ hự" làm sao? Một ý tưởng ngộ nghĩnh là để cho Nguyễn Công Trứ gặp Feynman, kẻ tung người hứng, không sót một nhịp, nhiều sự lạ có thể xảy ra! Feynman là giáo sư ở Đại học Cornell chừng 5 năm, sống độc thân vì góa vợ. Bị trầm cảm, ông thường đến mấy chỗ tụ họp của sinh viên, nhảy đầm gạ gẫm mấy cô *freshman co-ed* (sinh viên năm thứ nhất). Năm 1951, ông quyết định đổi trường và đến đại học Caltech, lấy lí do là một lần lái xe mùa đông bị tuyết, phải dừng xe để lắp xích vào bánh xe cho bớt trơn, đầu ngón tay tê cóng, quá mệt. Nhưng cũng có một giai thoại khác cho rằng Feynman đổi trường vì mấy cô *co-ed* ở Cornell đã thuộc lòng thói tật của ông, có lần một cô hỏi, *"You must be Dick Feynman?"* Có lẽ đây là "ứ hự" của một thuyền quyên theo kiểu Mĩ.

Năm 1935, khi Feynman rời gia đình, đi học ở Viện Công nghệ Massachusetts, MIT, thế giới vật lí đã qua được 5 năm khoảng thời gian đầu

của thế kỉ mà George Gamow gọi là *Ba mươi năm làm chấn động Vật lí* (Thirty Years that Shook Physics). Trong khoảng thời gian hơn 3 thập kỉ này, diện bộ và cấu trúc của thế giới vật lí, vĩ mô và vi mô, tồn tại đã ngoài 300 năm, bị hoàn toàn đảo lộn bởi hai lí thuyết mới: thuyết tương đối và thuyết lượng tử.

Trước hết là Einstein, đơn độc một mình, trong cùng một năm (1905) đã cho xuất bản hai bài viết, một về thuyết tương đối hẹp (special relativity) và một về hiệu ứng quang điện (photoelectric effect). Chừng mười năm sau, Einstein cho ra đời thêm một lí thuyết nữa gọi là thuyết tương đối rộng (general relativity), cũng quan trọng không kém, nhưng khác xa dù có tên tương tự và có ít ảnh hưởng đến những khảo cứu vật lí trong thời gian này.

Vào đầu thế kỉ 19, những thí nghiệm của Young về nhiễu xạ và giao thoa đã chứng minh rất thuyết phục rằng ánh sáng có bản chất sóng chứ không phải là hạt (như theo thuyết của Newton). Giữa thế kỉ 19, lí thuyết điện từ của Maxwell giải quyết hầu như mọi vấn đề liên quan đến điện từ và khẳng định rằng điện từ trường chuyển động trong không gian (chân không) như một sóng với tốc độ cố định (thường viết tắt là *c*) và ánh sáng thường chỉ là một sóng điện từ. Thế nhưng, nếu nguồn sáng chuyển động với tốc độ v, ví dụ một chiếc xe hơi chạy 100 km/giờ, câu hỏi được đặt ra là một người quan sát sẽ thấy tốc độ của ánh sáng đèn xe là bao nhiêu, (*c+100*) km/giờ? Câu trả lời cho câu hỏi này có thể kéo theo những hệ quả lớn. Cuối thế kỉ 19, nổi lên vấn đề là có điều gì không ổn hoặc với lẽ thường (common sense) hoặc với lí thuyết điện từ của Maxwell. Với một tầm nhìn sâu sắc, Einstein giải quyết vấn đề bằng bài viết về thuyết tương đối hẹp, đưa vật lí sang một con đường mới.

Bài viết về quang điện của Einstein làm sáng tỏ cả 2 vấn đề: điện từ và lượng tử. Cuối thế kỉ 19 có một hiện tượng nan giải khác cũng cần được giải thích. Lấy một cái hộp kín (hốc) có khoan một lỗ nhỏ trên thành hộp, qua lỗ khoan, ta quan sát bức xạ phát ra từ bên trong hộp. Nhiều thí nghiệm chính xác cho thấy cường độ và phân bố quang phổ của bức xạ không phụ thuộc vào hình dạng và vật liệu làm hộp, mà chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ. Bức xạ này mang tên *bức xạ hốc đẳng nhiệt* (iso-thermal cavity radiation) hay *bức xạ của vật đen* (black body radiation). Không có lí thuyết cổ điển nào có thể giải thích mọi kết quả của thí nghiệm. Một vài định luật, ví dụ, định luật

Rayleigh-Jeans, tiên đoán đúng cho bức xạ có độ dài sóng dài nhưng là một tai họa cho bức xạ có độ dài sóng ngắn, thường được gọi là *tai họa tử ngoại* (ultraviolet catastrophe).

Năm 1900, Planck cho ra đời một lí thuyết mới gọi là thuyết lượng tử (quantum theory), giả định rằng năng lượng của bức xạ không liên tục mà quy tụ gọi là *lượng tử* (quantum, số nhiều: quanta) có năng lượng là một số nguyên lần một đơn vị cơ bản, đơn vị này tỉ lệ với tần số của bức xạ ($E = h\nu$, *h:* hằng số tỉ lệ, ν: tần số của bức xạ). Với thuyết lượng tử, Planck giải thích được mọi hiện tượng liên hệ với bức xạ của vật đen, lí thuyết và thực nghiệm ăn khớp như chiếc găng với bàn tay.

Khái niệm lượng tử là một ý kiến táo bạo, gợi ý ánh sáng có một cấu trúc vật chất, nhiều sách tiếng Anh dùng chữ *lump: một cục* để diễn tả; tuy thành công rực rỡ, hầu hết các nhà vật lí, kể cả Planck, coi lượng tử chỉ là một thủ thuật toán để giải bài toán khó. Bài viết về quang điện của Einstein thay đổi tất cả. Einstein cho rằng lượng tử có thật, đó là những *hạt ánh sáng* (nay gọi là *photon*) và là tính chất chung của điện từ. Để chứng minh, ông giải thích một hiện tượng nan giải khác, hiệu ứng quang điện: cho ánh sáng (có độ dài sóng) thích hợp chiếu lên một mặt kim loại, những hạt *photon* đập vào mặt kim loại sẽ khiến cho *electron* của kim loại bắn ra, nếu có cách thu thập được những *electron* đó ta sẽ có một dòng điện.

Millikan không hồ hởi lắm với mấy *cục* ánh sáng; ông mất 10 năm trời, cố chứng minh Einstein sai nhưng cuối cùng thấy Einstein đúng. Năm 1916, Millikan công bố những kết quả thí nghiệm, đưa đến giải Nobel cho Planck năm 1918, Einstein năm 1921 và, sau cùng, Millikan năm 1923.

Vào thập kỉ 1920, tính nhị nguyên sóng-hạt của ánh sáng trở thành một thực tế. Năm 1924, Louis de Broglie đi một bước xa hơn; theo ông, vật chất cũng có thể có tính nhị nguyên sóng-hạt, cụ thể là *electron* với xung lượng *p*, khi biểu lộ tính chất sóng, sẽ là một sóng có độ dài sóng $\lambda = h/p$, hệ thức tương tự như hệ thức cho bức xạ của Planck, với cùng hằng số tỉ lệ *h*. Năm 1927, thí nghiệm của Davisson và Germer (Hoa Kì), và George Thomson (con của J. J. Thomson, Anh) chứng minh được tính chất sóng của *electron* quả đúng như vậy.

Khác với thuyết tương đối, thuyết lượng tử được phát triển bởi một số nhà khoa học. Một trong những người đầu tiên, ta có thể kể Bohr. Bohr có một mô hình nguyên tử tương đối thành công, ngày nay vẫn còn trong những sách giáo khoa. Theo Bohr, nguyên tử có cấu trúc của một Thái Dương hệ thu nhỏ, với một hạt nhân ở giữa và *electron* chạy quanh trên những quỹ đạo đặc biệt có mức năng lượng khác nhau. Theo mô hình Bohr, *electron* chỉ có thể nhảy được từ mức năng lượng nọ sang mức năng lượng kia và phát ra ánh sáng theo luật lượng tử của Planck. Mô hình nguyên tử Bohr tính rất đúng nhiều quang phổ, đặc biệt là quang phổ của nguyên tử khinh khí. Nhưng tại sao *electron* chỉ có thể ở trên những quỹ đạo đặc biệt này? Câu trả lời của de Broglie là *electron* hiển thị như những *sóng đứng* quanh hạt nhân, phải là một số nguyên lần những độ dài sóng.

Cơ học lượng tử trưởng thành trong thời kì này. Một mặt, Heisenberg khai triển *cơ học ma trận* (matrix mechanics), vì đặc tính gián đoạn của ma trận, rất hợp với tính chất hạt của vật chất; mặt khác, Schrödinger cho ra đời *cơ học sóng* (wave mechanics). Cả hai đều là cơ học lượng tử, tương đương nhau nhưng vì sóng liên hệ trực tiếp với phương trình vi phân, rất quen thuộc với các nhà nghiên cứu, nên phổ biến mạnh, nhanh hơn.

Vào thời điểm này, cơ học lượng tử không những là một lí thuyết vật lí sáng giá mà còn vô cùng hữu ích cho cả nghiên cứu hóa học đương đại. Tuy nhiên, đó vẫn chỉ là một thuyết phi tương đối, chưa đầy đủ và không thích hợp cho việc khảo sát những hạt chuyển động với tốc độ lớn. Năm 1928, Dirac thực hiện một tiến bộ rất quan trọng, cho ra đời *cơ học lượng tử tương đối* (relativistic quantum mechanics), bao gồm trong phương trình cơ học lượng tử tất cả những đòi hỏi của thuyết tương đối hẹp.

Với phương trình Dirac, ta có thể hiểu được những gì cần hiểu về *electron* và có những tiên đoán phù hợp với kết quả của mọi thí nghiệm. Không những thế, phương trình Dirac còn tiên đoán cả sự hiện hữu của một hạt cơ bản mới, *positron* (tuy lúc đầu Dirac không "dám" có quyết đoán này vì khi ấy hạt này chưa tìm thấy, và cho nó là *proton*), giống như *electron* về mọi phương diện, trừ tích điện, dương chứ không phải âm. Phương

trình Dirac sẽ có ảnh hưởng sâu sắc đến sự nghiệp của Richard Feynman, khi ấy là một cậu bé mười tuổi.

Năm 1932, Anderson làm thí nghiệm với tia vũ trụ, tìm được *positron*, và trong cùng năm Chadwick xác định được *neutron*. Dirac đoạt giải Nobel năm 1933, không ai đoạt giải năm 1934, Chadwick đoạt năm 1935 và sau cùng, Anderson, năm 1936.

Và như vậy, trong khoảng thời gian hơn 30 năm đầu của thế kỉ, ngoài những hạt mang tên chung *tia vũ trụ* (cosmic ray) đến từ vũ trụ, mà ta không biết gì nhiều hơn, ta biết vật chất gồm bốn hạt cơ bản: *proton, neutron, electron, positron*, hai hạt sau cùng được xác định là một cặp hạt và phản hạt. Về lí thuyết, ngoài trọng lực của Newton và điện từ của Maxwell, ta có thuyết tương đối và thuyết lượng tử đã bắt đầu trưởng thành. Riêng thuyết lượng tử còn có thêm những khái niệm đặc biệt mới mẻ, như xác xuất, nguyên lí bất định... Năm 1935 cũng là năm Dirac cho tái bản lần thứ hai cuốn *The Principles of Quantum Mechanics*, cuốn sách, qua nhiều lần sửa đổi, ngày nay vẫn là một cuốn nhập môn không thể thiếu về cơ học lượng tử. Đại khái đó là tóm tắt về tình trạng vật lí khi Feynman bắt đầu đại học ở MIT.

***

Theo các tác giả viết tiểu sử, khi còn học trung học Feynman là một cậu học trò rất xuất sắc về toán. Ngay mới năm thứ hai ở trung học, Feynman đã tự học hết lượng giác, toán giải tích, hình học giải tích, toán vi tích phân... đến năm cuối cùng, ông dự thi đoạt giải Vô địch Toán của Đại học New York, số điểm cách biệt giữa ông và những đối thủ cận kề khiến cho các giám khảo phải bàng hoàng, kinh ngạc. Với thành tích như vậy nên khi vào MIT, Feynman định học môn toán là chuyện tự nhiên. Nhưng cũng giống như nhiều thanh thiếu niên Hoa Kì cùng lứa tuổi thời ấy, Feynman thích chơi nghịch đồ điện tử, máy móc, đặc biệt là vô tuyến điện. Toán rất hấp dẫn nhưng vẫn còn có chỗ thiếu sót, Feynman hỏi ông khoa trưởng "mình có thể làm được gì với toán?" Ông khoa trưởng trả lời: "Nếu còn phải hỏi

câu đó thì chắc cậu không phải là người học toán." Như cô bé Goldilocks trong truyện thiếu nhi, nếm thử cháo của mấy con gấu, bát thì nóng quá, bát thì nguội quá, chỉ có một bát vừa phải, Feynman ghi tên học toán, đổi sang kĩ sư điện rồi sang vật lí; món sau cùng này vừa phải, *just right,* cho phép dùng cả trí óc lẫn chân tay nếu muốn. Dẫu vậy, năm Feynman tốt nghiệp Vật lí cũng là năm ông được mời tham gia đoàn đại diện MIT dự giải thi toán Putnam Mathematical Competition, một cuộc đấu trí toàn quốc uy tín nhất về Toán dành cho sinh viên đại học Bắc Mĩ (Hoa Kì và Canada); sau cuộc thi này Feynman được phong Putnam Fellow (tên chức vị của 5 người đứng đầu; riêng Feynman, ngoài tiền thưởng khác, còn được cấp học bổng để học ở Harvard.)

Thời gian này, ở MIT những lớp về cơ học lượng tử có chất lượng rất cao với những giáo sư có nhiều đóng góp cho vật lí đương đại. Hơn thế nữa, MIT có một chính sách rất thoáng là, ngoài những môn bắt buộc, sinh viên có thể ghi học thêm bất cứ môn nào khác mình muốn, ở bất cứ trình độ nào. Feynman đã ghi tên học nhiều lớp cao học như vật lí hạch nhân, tia vũ trụ, v.v. ngay khi còn là sinh viên năm thứ hai. Theo Giáo sư Philip Morse, Feynman có đủ điều kiện để có bằng cử nhân sau 3 năm nhưng MIT giữ ông lại đủ 4 năm. Trong năm sau cùng này, Feynman hầu như hoàn toàn bỏ thì giờ vào công việc nghiên cứu, ông viết một bài về tia vũ trụ được đăng trong *Physical Review,* rồi cuối năm Giáo sư Slater khuyên ông viết thêm một bài nữa từ luận án tốt nghiệp mang tên *Forces in Molecules* đăng trong cùng tạp chí, định lí Feynman-Hellman rút ra từ bài này được dùng nhiều bởi các nhà nghiên cứu hóa học. Đó là những năm sung sướng, thoải mái. MIT đối với ông là cả một thế giới kiến thức, ông muốn ở lại để tiếp tục học tiến sĩ nhưng Giáo sư John Slater không bằng lòng, khuyên nên ra ngoài thế giới để nhìn cho rộng tầm mắt.

Năm 1939 Feynman từ giã MIT, lòng đầy luyến tiếc. Với sự ủng hộ nhiệt tình của Slater và Morse, Feynman không những được vào Princeton mà còn được hưởng thêm trợ cấp (cũng phải thôi, ta nhớ lại Feynman chưa hề xin mà đã được cấp học bổng để học ở Harvard; Giáo sư Slater muốn đẩy Feynman đi khỏi Boston). Đây quả thực là một thế giới khác; tuy không đến

nỗi quê mùa, nhưng là một người chân phương, giản dị, chàng trai đến từ Brooklyn qua ngả MIT không khỏi có chút vụng về, bỡ ngỡ. Princeton tổ chức rập theo các trường đại học cổ bên Anh như Oxford hay Cambridge, từ kiến trúc cho đến phong cách xã hội, tiếng Anh nói giọng *"ăng-lê"*, y phục phải luôn luôn chỉnh tề ở trong khu đại học.

Feynman được sử dụng một căn phòng trang nhã trong kí túc xá, một tòa nhà uy nghi, cửa sổ kính màu, tường quanh nhà phủ kín cây leo. Sáng Chủ nhật, mới nhận phòng được một tiếng đồng hồ, Feynman được vị giáo sư văn chương Pháp trông nom kí túc xá (*"French littrachaw"*, Feynman nhại giọng Oxford hay Cambridge) báo cho biết buổi chiều, theo nghi thức, sẽ có buổi họp uống trà tại nhà ông khoa trưởng. Tại buổi trà, còn đang phân vân chưa biết nên đứng hay ngồi thì bà vợ ông khoa trưởng tới bên hỏi muốn dùng chanh hay kem cho nước trà, Feynman lúng túng trả lời, "Tôi xin cả hai, cảm ơn bà", khiến bà này ngạc nhiên thốt lên, *"Surely you"re joking, Mr. Feynman!"*. Về sau, câu này trở thành tên một tập truyện *best-seller* của Feynman, kể lại những chuyện vui trong cuộc đời khoa học.

Đến Princeton, Feynman được hướng dẫn bởi John A. Wheeler, một giáo sư trẻ 28 tuổi, chỉ lớn hơn Feynman 7 tuổi. Buổi gặp gỡ chính thức đầu tiên, băn khoăn về tuổi trẻ của mình và có lẽ cũng để phân biệt rõ ràng chức phận thầy-trò, Wheeler lên điệu, đóng bộ quan trọng quá lố. Lần gặp sau, Feynman giễu ông sao đó khiến cả hai, vốn dĩ chung bản chất "cá to kho mặn", cùng phá lên cười, rất nhanh chóng hai người trở thành đôi bạn. Đó là một việc đáng mừng, Feynman về sau xin làm luận án tiến sĩ với Wheeler, cộng tác đưa đến nhiều kết quả tốt đẹp.

Như kể lại trong bài diễn văn Nobel, câu chuyện bắt đầu từ khi còn là sinh viên ở MIT, Feynman đã tự học qua những cuốn sách của Heitler và Dirac để tìm hiểu hiện trạng vật lí và nhận thấy lí thuyết lượng tử về điện từ vẫn còn những khó khăn chưa được giải quyết như *năng lượng riêng* (self-energy) của *electron,* nguyên do là hạt tích điện tương tác với chính nó hay điện lực tác dụng trên hạt tích điện đã sinh ra chính điện lực ấy. Một sự việc tưởng như ngớ ngẩn; với hăng hái của tuổi trẻ, Feynman giải quyết vấn đề bằng cách giả dụ một hạt tích điện chỉ có thể tương tác với những hạt tích

điện khác. Và như vậy, Feynman dự định trước hết giải bài toán điện động lực cổ điển rồi hi vọng sau đó sẽ suy rộng ra thành thuyết lượng tử.

Feynman viết say sưa, "Đó là lúc bắt đầu, ý tưởng đối với tôi quá rõ ràng, và thanh lịch đến mức tôi yêu nó một cách tha thiết. Và, cũng giống như yêu mê một người đàn bà, tình yêu xảy ra khi ta không biết nhiều nên không thể nhìn thấy những khiếm khuyết của cô ta. Những khiếm khuyết này sẽ hiện rõ về sau nhưng nếu mối tình mãnh liệt đủ, ta sẽ không rời xa cô nữa. Và như thế, do nhiệt tình ở tuổi thanh xuân, tôi vẫn bị thu hút bởi lí thuyết này, bất chấp tất cả những khó khăn."

Tất nhiên, như hầu hết mọi mối tình đầu trong đời thường, khi lên học cao học Feynman nhận biết mình đã lầm về ý nghĩ một hạt tích điện không tương tác với chính nó; lí do vì luật bảo toàn năng lượng đòi hỏi sự có mặt của *tính chống bức xạ* (radiation resistance) của hạt tích điện, và đòi hỏi này tuyệt đối cần thiết. Nhưng vẫn say mê ý tưởng thanh lịch lúc ban đầu - mối tình mãnh liệt đủ - Feynman vẫn tìm cách vớt vát, vẫn nghĩ rằng lí thuyết đó, cách nào đó, chứa đựng giải đáp cho những khó khăn của điện động lực lượng tử.

Feynman trở lại bài toán này, khảo sát tính chống bức xạ bằng cách xét hai tích điện tác dụng trên nhau, xem tích điện thứ nhất là nguồn và tích điện thứ hai, vật hấp thụ. Tính toán được kết quả không vừa ý; Feynman trình bày với giáo sư Wheeler, ngay lập tức ông vạch ra những lầm lẫn mà một trong những lầm lẫn đó là tác dụng từ nguồn và tác dụng phản hồi từ vật hấp thụ đã không xảy ra ở cùng một thời điểm. Wheeler gợi ý phương trình của Maxwell có hai lời giải tương ứng với hai loại sóng, *sóng muộn* (retarded waves) phát ra từ nguồn, theo chiều thời gian và *sóng sớm* (advanced waves) hội tụ về nguồn, ngược chiều thời gian. Người ta thường chỉ dùng sóng muộn và bỏ qua lời giải thứ hai là sóng sớm vì nó đi ngược chiều thời gian, không thực tế. Wheeler và Feynman chấp nhận dùng cả sóng sớm, một việc làm tương đối táo bạo, và đã thành công giải thích được *tính chống bức xạ;* vì vai trò quan trọng của vật hấp thụ trong cách chứng minh, đôi khi người ta gọi nó là *lí thuyết hấp thụ của bức xạ* (absorber theory of radiation).

Trong nhiều tháng của năm 1940, Wheeler và Feynman bỏ thì giờ để khảo sát tỉ mỉ những khía cạnh của hiện tượng điện từ này và khám phá ra rằng họ cũng có thể có được kết quả bằng cách dùng *Nguyên lí Tác dụng Cực tiểu* để diễn tả chuyển động của những hạt tích điện với tương tác trực tiếp của những hạt tích điện. Đây là một khám phá quan trọng, điện động lực cổ điển có thể được đặt dưới dạng mới mẻ và giản dị, không phụ thuộc phương trình Maxwell (do đó sóng điện từ hay vấn đề *trường* - field - cũng không cần phải bận tâm đến) như chứng minh ở trên.

Feynman phát biểu trong bài diễn văn Nobel, "Một dạng giản dị như vậy có thể biểu thị cho toàn bộ điện động lực cổ điển, có nghĩa là ngoài trọng lực, chủ động là cho toàn bộ vật lí cổ điển" - *Such a simple form could represent all of classical electrodynamics, which aside from gravitation is essentially all of classical physics.* Nhưng đó cũng chính là tình yêu thuở ban đầu của Feynman, bây giờ chỉ làm sao cho nó biến thành thuyết lượng tử. Nhiều biến cố đã xảy ra trong thời gian này như việc tuyển Feynman và nhiều nhà khoa học khác để nghiên cứu chế tạo bom, làm gián đoạn mọi nghiên cứu khoa học, có lúc tưởng chừng Feynman đã không có thời giờ để viết xong luận án tiến sĩ.

Đầu năm 1942, Wheeler cảnh cáo Feynman phải viết cho xong luận án tiến sĩ trước khi quá muộn vì chiến tranh, Feynman xin nghỉ được mấy tuần để viết. Tháng 6 năm 1942 Feynman chính thức nhận bằng PhD với luận án nhan đề *The Principle of Least Action in Quantum Mechanics* - Nguyên lí Tác dụng Cực tiểu trong Cơ học Lượng tử.

Nguyên lí Tác dụng Cực tiểu bắt nguồn từ *Nguyên lí Maupertuis* ở thế kỉ 18. Nguyên lí này cùng nhiều nguyên lí chị em khác (Fermat, Huyghens...) có chung một đặc tính là để thực hiện một sự kiện nào đó ta cần một số lượng *nhỏ nhất* của một cái gì đó (rẻ nhất, ngắn nhất, nhanh nhất...). Vậy, ở đây ta chiêm ngưỡng một nguyên lí không những rất đẹp mà còn hàm ý đạo đức về sự trật tự, không phí phạm; suy luận từ nguyên lí ta có định luật cho hiện tượng tương ứng, quan sát được trong thiên nhiên, áp dụng cho mọi khoa học: động vật, thực vật, thiên thể trên trời... Tóm lại, thật xứng đáng với *Tác giả* của chúng ("tác giả" viết hoa). Maupertuis say sưa,

tìm cách chứng minh sự hiện hữu của Thượng Đế, và nếu thành công, ta có thể có một chứng minh khoa học cho bất cứ khái niệm trừu tượng nào ví dụ như *hạnh phúc có thật*. Đây không phải chỉ là câu chuyện không đâu của thế kỉ 18, mới đây nhân dịp Higgs được giải Nobel, báo *The Guardian* thuật lại chuyện Higgs than phiền rằng nhiều người xem sự việc xảy ra ở CERN, tìm ra được hạt *Higgs boson* hay *God particle*, như là một chứng minh Thượng Đế hiện hữu.

Bỏ chuyện thần học sang một bên, tinh thần của nguyên lí trên cũng là nguồn của những khái niệm về thẩm mĩ và tất nhiên rất hữu ích trong khoa học. *Nguyên lí Tác dụng Cực tiểu trong Cơ học Lượng tử* là một luận án tiến sĩ sâu sắc, có tính chất khai phá tuy được soạn trong một khoảng thời gian rất hạn hẹp, Feynman viết ra nguyên tắc tổng quát trong việc khảo sát cơ học lượng tử cùng khai triển hệ hình thức toán học, đặc biệt là khái niệm *tích phân lộ trình*. Feynman nhấn mạnh luận án tự nó đầy đủ, độc lập và không khai thác thêm tác dụng cực tiểu áp dụng trong điện động lực lượng tử, những áp dụng này được dành cho tương lai sau khi nghiên cứu được hoàn thiện. Hơn nữa, tất cả phân tích chỉ được áp dụng cho những hệ phi tương đối (non-relativistic) vì suy diễn trong trường hợp tương đối hiện chưa được biết; do đó luận án gần như bị bỏ quên.

Ta đã biết ba nhà vật lí lỗi lạc cùng được giải Nobel Vật lí năm 1965 vì phát triển đồng thời *điện động lực lượng tử - Quantum Electro-dynamics* là Tomonaga, Schwinger và Feynman. Tomonaga là người đi trước tiên; phương pháp của Tomonaga và của Schwinger tương tự như nhau, Tomonaga tương đối giản dị còn Schwinger, một *virtuoso* về toán, thường rất cầu kì.

Riêng Feynman có phương pháp khác hẳn, toán không thua ai nhưng vật lí còn có phần nhạy bén hơn vì trực giác rất cao. Trong suốt thời gian 5 đến 7 năm trong và sau chiến tranh, thông tin thường chỉ riêng tư giữa một số nhỏ các nhà vật lí làm việc chung với nhau. Đó cũng là thời gian Feynman hoàn tất *lí thuyết QED*, phát triển *giản đồ Feynman* (Feynman diagram) cùng tính *tích phân lộ trình* (path integrals). Những khám phá của Feynman tỏ ra vô cùng hữu hiệu. Có nhiều huyền thoại về tính toán nhanh

kỉ lục của ông như chuyện một nhà vật lí nói chuyện với Feynman về một vấn đề gì đó trong một hội nghị, ngày hôm sau so sánh kết quả, lời giải của Feynman còn tổng quát hơn công lao trong 6 tháng trời của nhà vật lí kia.

Sau chiến tranh, có ba hội nghị về vật lí rất quan trọng mà hai hội nghị đầu do chính các nhà vật lí bỏ tiền túi trang trải chi phí tổ chức. Đó là các Hội nghị Shelter Island, Pocono và, sau cùng, Oldstone. Mỗi hội nghị chỉ có vài chục người, được mời riêng, trực tiếp.

Tháng 4 năm 1947, Lamb làm một khám phá quan trọng, chứng minh mức năng lượng trong nguyên tử khinh khí thực sự là hai mức năng lượng hơi khác nhau, tương ứng với hai trạng thái lượng tử, hiện tượng được gọi là *dịch chuyển Lamb*. Trình bày khám phá của mình trong Hội nghị Shelter Island, Lamb đã gây xúc động mạnh trong cử tọa (gồm 24 người); Feynman cũng nói về cách tiếp cận không-thời gian trong cơ học lượng tử và tích phân lộ trình nhưng không gây mấy ấn tượng.

Trên đường về nhà, Bethe lập tức tính dịch chuyển Lamb cho trường hợp phi tương đối. Rồi Feynman, lần đầu tiên, dùng phương pháp của mình, lúc này sẵn chứa ở trong những đòi hỏi của thuyết tương đối để tính năng lượng riêng của *electron* cùng dịch chuyển Lamb.

Nhận ra ưu thế của mình, Feynman bèn tính đủ mọi thứ, như *moment từ* của *electron*. Năm 1948, tại Hội nghị Pocono, Schwinger sáng chói giải thích lí thuyết QED, không dễ nhưng tương đối quen thuộc, không ai than phiền, còn thuyết trình của Feynman tựa đề *Alternative Formu-lation of Quantum Electrodynamics* là một tai họa nhỏ. Nếu Schwinger không dễ, nhưng cử tọa còn thoải mái, theo được, thì Feynman rất lạ, cử tọa nhiều người không theo được. Nào là *electron* chuyển động theo chiều thời gian, ngược chiều thời gian, nhiều người chóng mặt.

Feynman quyết định chỉ còn một cách là viết để xuất bản những nghiên cứu của mình, giấy trắng mực đen, mọi người có thể có thì giờ ngồi suy ngẫm. Những bài viết của ông được xuất bản trọn vẹn vào năm 1949, có tầm ảnh hưởng hết sức sâu rộng trong vật lí đương đại, chẳng những tiện lợi cho QED mà còn được sử dụng trong những khảo cứu khác. Nhưng để phổ biến, cần có thì giờ. "Như *transistor* trong những năm gần đây, giản đồ

Feynman đem tính toán xuống cho đại chúng," một lần Schwinger có dịp bình phẩm về giản đồ Feynman, và câu đó không hàm ý một lời khen.

Việc Dyson đến học ở Cornell và gặp Feynman là một tình cờ may mắn. Dyson sớm nhận biết những nghiên cứu của Feynman quan trọng và rất cơ bản nên quyết định tìm hiểu thật cặn kẽ. Vì chỉ còn vài tháng ở Cornell nên khi được Feynman rủ cùng đi Albuquerque, New Mexico, Dyson vui mừng quá đỗi. Bốn ngày đi đường với Feynman cho Dyson những kinh nghiệm khó quên, như ông đã kể lại trong *Disturbing the Universe*, nghiên cứu của Feynman "có tinh thần của một Einstein trẻ". Trở về, Dyson có dịp đàm đạo nhiều và theo học một lớp dài 5 tuần với Schwinger ở Ann Arbor về lí thuyết QED. Dyson khoe mình hiểu lí thuyết của Schwinger như bất cứ một ai, có lẽ chỉ trừ Schwinger! Kết quả là bài viết "The Radiation Theories of Tomonaga, Schwinger and Feynman". Bài viết chứng minh sự tương đương của 3 lí thuyết về điện động lực lượng tử, đã khiến Dyson trở nên rất nổi tiếng, giúp phổ biến những phương pháp mới, và nhất là phương pháp của Feynman.

Tháng 4 năm 1949, tại Hội nghị Oldstone, QED của Feynman chiếm khán đài chính và Feynman là ngôi sao sáng; một tháng trước ngày sinh nhật thứ 31, Feynman được xem như nhà vật lí hàng đầu của Hoa Kì và thế giới.

Khi đã quá tuổi 30, không còn mấy người có những sáng kiến đột phá; Feynman là một trường hợp ngoại lệ. QED mang lại cho Feynman giải Nobel, nhưng theo những người am hiểu vật lí, có ít nhất 3 trong những thành tựu sau này của ông cũng xứng đáng được như vậy: nghiên cứu về *tính siêu lỏng* (superfluidity) như đặc tính của *Helium* lỏng, *lí thuyết tương tác yếu* (theory of weak interactions) trong hiện tượng phóng xạ và *lí thuyết partons* (theory of partons) bao gồm cấu trúc của những hạt bên trong hạt nhân nguyên tử.

Những nhà khoa học, như một tập thể, không khác thành phần của những tập thể khác bao nhiêu; họ cũng đau buồn thương ghét như chúng ta, cũng gồm đủ mọi hạng người: keo bẩn, ti tiện, cao thượng, tội phạm, si mê... Đặc điểm sau cùng gán cho một vài người, có lẽ hơi nặng quá; như Hamilton, mà tên tuổi đáng lẽ phải được nhắc đến nhiều lần ở mấy đoạn

trên, ở tuổi 14, đã biết 14 thứ tiếng; si tình, tất nhiên anh ta làm thơ tặng người đẹp và, cũng tất nhiên, người đẹp đi lấy một anh chàng dung tục khác. Hamilton đau khổ, định quyên sinh bằng cách tự trầm. Rất may cho khoa học khi tôn giáo cấm kị tự tử, nhưng cũng có thể anh ta đã thoát chết vì bơi giỏi. Sau đó, có lẽ Hamilton lọt bẫy một cuộc hôn nhân không may, cưới phải bà vợ phó mặc việc nhà cho người làm, anh ta trở nên nghiện rượu. Khi qua đời ở tuổi 60, phòng làm việc bừa bộn, giấy má lẫn lộn với bát đĩa còn cả thức ăn; người ta nói số bát đĩa này có thể đủ dùng cho một gia đình khác.

Thời đại mới, ta có Richard (Dick) Feynman. Feynman không nói nhiều thứ tiếng, nhưng học tạm đủ tiếng Bồ để đi dạy học ở Brazil. Còn cuộc đời riêng? Feynman điển trai, lắm tài và dung tục nên rất thành công với phái nữ. Nói vậy không có nghĩa là cuộc đời của ông ít sóng gió.

Dick Feynman và Arline Greenbaum gặp và yêu nhau từ thời học trung học. Họ hứa hôn khi Dick còn là sinh viên ở MIT và dự định sẽ lấy nhau khi Dick học xong. Dick tốt nghiệp Princeton nhưng khi họ sửa soạn làm đám cưới thì Arline ngã bệnh, bị lao, một căn bệnh thời ấy không chữa được. Mặc mọi khó khăn, Dick vẫn cố sửa chữa...

Chúng ta hãy đọc lại nguyên văn câu trích trong bài diễn văn Nobel (xem đoạn dịch trang 317):

That was the beginning, and the idea seemed so obvious to me and so elegant that I fell deeply in love with it. And, like falling in love with a woman, it is only possible if you do not know much about her, so you cannot see her faults. The faults will become apparent later, but after the love is strong enough to hold you to her. So, I was held to this theory, in spite of all difficulties, by my youthful enthusiasm.

Feynman đang nói về QED hay đang nói về mối tình của đời mình? Có lẽ cả hai. Câu chuyện về QED và Arline phát triển song song từ khởi đầu cho đến hồi kết cục: bắt đầu là vẻ đẹp và thanh lịch, một ý tưởng hay một cô gái, có thể có những khiếm khuyết nhưng ta không biết, rồi tình yêu nảy nở và đồng thời ta cũng nhìn thấy khiếm khuyết. Khiếm khuyết hay không, tình yêu sâu đậm đủ, ta sẽ không bỏ mà cố tìm cách sửa chữa. Feynman thành công trong khoa học, sửa chữa cho QED có một *happy ending* nhưng với Arline thì đó là định mệnh.

Như một bi kịch cổ Hi Lạp, ngày 3 tháng 6 năm 1942 Feynman thi xong vấn đáp cho bằng tiến sĩ, sẽ được chính thức trao vào mùa hè. Ngày 29 tháng 6 năm 1942, Feynman làm lễ cưới Arline. Mượn được của bạn chiếc xe *stationwagon*, Feynman bỏ đệm giường vào sau xe, làm như xe cứu thương. Ngay sau lễ cưới, chú rể đặt cô dâu vào *stationwagon*, chở thẳng đến nhà thương làm phúc Deborah Hospital ở New Jersey, để cô ở đó và sẽ đến thăm cô mỗi cuối tuần. Rồi khi Dick đi Los Alamos, Arline được chuyển thẳng từ nhà thương Deborah, New Jersey, đến một viện dưỡng bệnh ở Albuquerque, New Mexico, do Giáo sư Oppenheimer, Giám đốc của Manhattan Project đã thu xếp cho. Arline sống trong viện dưỡng bệnh này còn Dick thì về Los Alamos. Mỗi cuối tuần, Dick xoay xở tìm cách đến thăm Arline, quãng đường dài 150 km một lượt đi/về.

Họ sống như vậy, sức khỏe của Arline không khá hơn. Trong tình trạng tuyệt vọng, Arline muốn để lại cho Dick một đứa con. Họ đã có với nhau một tối tân hôn muộn màng. Rồi họ vui mừng, tưởng Arline đã thụ thai nhưng tiếc thay, đó chỉ là một triệu chứng khác của căn bệnh.

Cuối tháng 5 năm 1946, bố của Arline từ New York đến thăm con, có thể là lần cuối cùng. Một ngày tháng 6, ông gọi điện thoại cho Dick ở Los Alamos bảo đến ngay, chính ông cũng kiệt sức. Dick đến kịp chỉ để ngồi bên, nghe được hơi thở yếu ớt lịm tắt dần của vợ. Cô y tá trực vào buồng xem và nói rằng Arline đã mất.

Hôm ấy là 16 tháng 6 năm 1945. Một tháng sau, Hoa Kì thử quả bom nguyên tử đầu tiên.

Trong suốt đời khoa học của Feynman trải dài ngót 50 năm, non nửa thời gian này luôn luôn đầy rối loạn. Bắt đầu là đời sống vợ chồng với Arline. Con người có thể làm một cử chỉ rất anh hùng trong khoảnh khắc, nhưng nếu bảo lặp lại những cử chỉ ấy trong 3 năm liền, có lẽ trên đời không có nhiều Feynman. Những giấy tờ Feynman để lại, không có dấu hiệu nào chứng tỏ ông nản chí.

Sau khi Arline mất, trong suốt 10 năm, đời sống vật chất và nội tâm của Feynman hầu như luôn luôn bị giày vò, dằn vặt; nhất là mấy năm cuối cùng, Feynman sống một cuộc đời hết sức buông thả, phóng đãng. Ngày 28

tháng 6 năm 1952, Feynman cưới Mary Louise Bell (Mary Lou); một ngày đáng chú ý: đúng một ngày trước kỉ niệm 10 năm ngày cưới Arline. Có lẽ Feynman muốn lấy lại thăng bằng cho đời mình. Mary Lou là sinh viên mĩ thuật, tóc vàng nảy lửa. Feynman thường hò hẹn cô ở Cornell; lúc này, cô đang dạy học ở Michigan State University. Cuộc hôn nhân tiến hành vội vã tuy cũng kéo dài được 4 năm cho đến mùa hè năm 1956, rồi đưa đến li dị vì hai người không hợp tính nhau.

Chỉ đến đầu thập niên 1960, đời sống nghề nghiệp và gia đình của Feynman mới ổn định. Mùa Thu năm 1959, Feynman được bổ vào ghế Giáo sư Richard Chase Tolman Professor of Theoretical Physics, với mức lương Giáo sư cao nhất Caltech. May mắn hơn Hamilton rất nhiều, tháng 9 năm 1960, ở tuổi 42, Feynman cưới người vợ thứ ba, Gweneth Howarth, cô gái người Anh 26 tuổi mà ông gặp ở Genève. Gweneth là người dịu dàng, hiền thục, khả ái. Mọi người xung quanh đều công nhận là sau khi lấy Gweneth, Feynman trở thành một người tính tình dễ chịu. Hai người sống với nhau trọn đời, gần 30 năm, có một con trai chung, Carl sinh năm 1962, và Michelle, dưỡng nữ, được họ nhận làm con nuôi năm 1968.

Feynman là một người hào phóng, có nội tâm nhạy cảm và nồng nhiệt. Ông để lại một tập hợp thư từ rất phong phú. Michelle Feynman đã sưu tầm, cho xuất bản một cuốn sách gần 500 trang, có tựa là *Perfectly Reasonable Deviations from the Beaten Track*. Mở cầu may, thấy thư của một ông giáo trung học ở một tỉnh nhỏ hẻo lánh, đề nghị Feynman nói chuyện và trả lời cho cả lớp học bằng điện thoại. Feynman nhận lời, ân cần hỏi liệu có tốn quá không?

Feynman mất ngày 15 tháng 2 năm 1988, vì ung thư.

Sau khi Feynman qua đời, người ta tìm thấy trong giấy tờ của ông một thư đề ngày 17 tháng 10 năm 1946 viết cho Arline. Lời thư nồng nàn, giấy nhàu, chứng tỏ Feynman đã đọc lại nhiều lần. Cuối thư thêm dòng:

T.B. Xin thứ lỗi vì thư này không gửi đi - anh không biết địa chỉ mới của em.

01/2014

MURRAY GELL-MANN

Nguyễn Xuân Xanh

Hãy luôn luôn lắng nghe những gì Gell-Mann nói, vì ông ấy có đường dây trực tiếp với Chúa.[1]



Murray Gell-Mann (1929).

"Khi còn là một đứa trẻ, tôi rất thích thú các môn lịch sử tự nhiên, ngôn ngữ học và khảo cổ học. Mặc dù sống ở thành phố New York, nhưng tôi cũng vẫn tìm đến những mảnh đất làng quê mà ở đó tôi có thể làm quen với các loại chim, bướm, cây và thảo mộc có hoa. Tôi cũng thấy bị thu hút mãnh liệt bởi các thành quả của sự tiến hoá sinh học và sự phát triển của nền văn hoá loài người.

---

[1] Đó là một trong những lời khuyên của các thầy của ITEP, Viện Vật lí lí thuyết và thực nghiệm Moscow dành cho Mikhail Shifman, hiện là nhà vật lí học của William I. Fine Theoretical Physics Institute, Đại học Minnesota, Minneapolis. Trong H. Fritzsch and K.K. Phua (ed.), *Murray Gell-Mann's 80th Birthday*. Quantum Mechanics, Elementary Particles, Quantum Cosmology and Complexity. World Scientific, 2011.

Cho nên không phải là không tự nhiên khi tôi muốn thử hiểu chuỗi các mối quan hệ kết nối các định luật vật lí căn bản chi phối vật chất trong vũ trụ với sự vận hành của cấu trúc phức tạp và phong phú quanh ta mà chúng ta là một phần trong đó.

Tầm quan trọng của các sự cố (accidents) trong lịch sử vũ trụ không thể diễn tả hết. Mỗi con người chúng ta là sản phẩm của một chuỗi vô cùng dài các biến cố mà mỗi mắt xích trong đó có thể đã khác đi (nếu quá trình được lặp lại). Hãy nghĩ đến các thăng giáng (fluctuations) đã tạo nên thiên hà chúng ta, những sự cố đã dẫn đến việc hình thành Thái Dương hệ, bao gồm việc ngưng tụ của bụi và khí, những thứ đã làm nên Trái Đất, những sự cố đã góp phần định đoạt con đường đặc biệt cho cuộc sống bắt đầu tiến hóa trên Trái Đất, và các sự cố đã góp phần vào sự tiến hoá của các loài với những đặc thù, kể cả loài người. Mỗi cá nhân chúng ta có gene là kết quả từ một chuỗi dài các đột biến ngẫu nhiên và cơ hội gieo giống, cũng như sự sàng lọc tự nhiên", như những lời tự sự của Gell-Mann trong *The Third Culture*.[2]

Gell-Mann nổi tiếng từ nhỏ là một thần đồng. Ông được sinh ra tại thành phố New York trong một gia đình Do Thái từ đế chế Áo-Hung di dân sang Mĩ năm 1911. Ở tuổi 15 ông bước vào Đại học Yale với học bổng của trường để học vật lí, năm 21 tuổi ông hoàn tất tiến sĩ tại Đại học MIT dưới sự hướng dẫn của Victor Weisskopf. Lúc 10 tuổi, ông đã đọc *Finnegans Wake* của James Joyce, một tác phẩm khó đọc nhưng lại có vai trò quan trọng đối với ông trong việc đặt tên "quark" cho hạt cơ bản 30 năm sau.

Gell-Mann là "Vua của các hạt cơ bản", xuất hiện từ hoàn cảnh hỗn độn trong thế giới hạt những năm 1950-1960 của vô số hạt mới tìm thấy từ vũ trụ và trong các phòng thí nghiệm.Ông được xem như một Mendeleev của thế kỉ 20 để đem lại trật tự cho thế giới hạt, sắp xếp các hạt cơ bản theo các mô hình "Bát chính đạo" có tính tuần hoàn, một từ của nhà Phật mà ông đã mượn. Dựa trên kiến thức lí thuyết toán của nhóm, ông đặt ra tiên đề "ba hạt quark" (khái niệm quark lấy từ quyển tiểu thuyết *Finnegans Wake* của James Joyce) là cấu trúc tất yếu của các hạt vật chất proton và neutron của nhân nguyên tử (bên cạnh sự phát hiện độc lập

---

[2] Brockman, John, *The Third Culture. Beyond the Scientific Revolution*. Simon & Schuster, 1995.

của George Zweig), mô tả các tính chất lạ thường của chúng, một phát kiến thiên tài, điều sau đó được thực nghiệm ở các máy gia tốc mạnh đã xác nhận tuyệt vời.

Năm 1955, với ý kiến của Feynman, Gell-Mann được bổ nhiệm làm giáo sư tại Đại học Celtech, một năm sau trở thành giáo sư thực thụ, giáo sư trẻ nhất (27 tuổi) ở Caltech và hoạt động ở đó cho đến lúc về hưu năm 1993. Caltech đã trả cho ông số lương ưu đãi nhất thời bấy giờ để giữ ông lại trước sự cạnh tranh của các đại học danh giá khác. Feynman có lời đánh giá bất hủ về Gell-Mann: "Tri thức chúng ta về vật lí cơ bản không chứa một ý tưởng nào mà lại không mang tên của Murray Gell-Mann." Những năm của thập kỉ 1960, một đồng nghiệp đã gọi Gell-Mann và Feynman là "hai báu vật nóng nhất" trong ngành vật lí lí thuyết hạt của Hoa Kì.



Gell-Mann và Feynman: hai "báu vật nóng nhất" của ngành vật lí hạt của Hoa Kì.

Tại hội nghị khoa học ở Brookhaven năm 1963, sau khi thuyết trình xong ông từ chối nộp bài tham luận để đăng, thay vào đó ông nộp một bài bàn về âm nhạc, bản giao hưởng dang dở của Schubert, và bài đã được đăng thay cho bài tham luận khoa học. Ông là một người không đơn giản. Vật lí hạt là một ngành cạnh

tranh, sự tranh đấu được coi là "thường tình", bạn hôm nay có thể là đối thủ của ngày mai. Gell-Mann có thể phản ứng một cách "không thương tiếc". Không chỉ như ông, Feynman, hay Pauli hoặc Oppenheimer, cặp Lee và Yang, nhiều năm sau vinh quang, cũng đã phải chia tay một cách cay đắng. Ý tưởng của người này có thể bị quên lãng, chống báng, hay cả chế nhạo bởi người khác. Thuyết trường Yang-Mills ra đời năm 1954, nhưng 10 năm sau, không có ai mời hai tác giả thuyết trình. Tương tự, các ý tưởng Bát chính đạo, mô hình quark của Gell-Mann, ý tưởng trường Higgs tạo khối lượng của Peter Higgs, hay ý tưởng lực hợp nhất điện-yếu của Weinberg, đều đã từng bị lãng quên.

Năm 1969, tức 5 năm sau sáng kiến mô hình quark và 1 năm sau khi những dấu hiệu đầu tiên tuy chưa phải là quyết định của quark được tìm thấy tại Trung tâm gia tốc tuyến tính Stanford (SLAC) ở California, ông được tặng giải Nobel "cho những đóng góp và khám phá liên quan đến sự xếp loại các hạt cơ bản và tương tác của chúng". Nhưng tập sách đăng lại các bài nói chuyện của các nhà nhận giải năm đó có một trang để trống dành cho Gell-Mann! Ông đọc bài diễn văn nhưng không nộp bản thảo cho Ủy ban Nobel in. Ông là một trong 20 nhân vật được giải thưởng Nobel đã kí tên vào "Stockholm Memorandum" về *Sự bền vững toàn cầu* tại hội nghị Stockholm lần thứ 3 năm 2011.

Ông là người có sở thích rất đa dạng và mạnh mẽ. "Tôi thích sự đa dạng và tôi thích lịch sử tự nhiên đằng sau sự đa dạng. Tại sao có nhiều ngôn ngữ, nhiều loài chim và cả nhiều chứng loạn thần kinh chức năng? Điều thú vị là tìm ra cấu trúc đằng sau đó." Ông cũng nổi tiếng vì có niềm đam mê mãnh liệt quan sát các loài chim. Theo George Johnson, tác giả tiểu sử *Strange Beauty*[3] về ông, thì Gell-Mann đã quan sát được gần 4.000 trong 8.000 loài chim trên thế giới!

Một trong những bi kịch của đời ông là hơn một thập niên xa lìa con gái Lisa, người đã bỏ đi theo một nhóm Mác-Lê-Mao-ít cực tả đến mức độ cô ta không còn suy nghĩ bình thường nữa. Lisa là một cô gái thông minh từ nhỏ, giống như bố cô, và được mọi người kì vọng cũng sẽ trở thành một nhà khoa học xuất sắc. Nhóm chính trị này này chỉ tan rã sau khi Đông Âu sụp đổ. Bản thân Gell-Mann

---

[3] Johnson, George, *Strange Beauty. Murray Gell-Mann and the Revolution in Twentieth-Century Physics*. Vintage Books, 1999.

cũng có trải nghiệm không hay về chính trị, khi ông được mời thuyết trình 4 buổi tại College de France tháng 6 năm 1972, nơi ông từng chiến đấu cho mô hình Bát chính đạo. Vào buổi nói chuyện thứ 3 ông thấy phòng chật ních cả trăm người tự nhận là Mao-ít được tổ chức. Họ không quan tâm đến các phép đối xứng trong vật lí hạt, mà chỉ quan tâm đến các bất đối xứng của quyền lực ngăn cách thế giới thứ nhất và thứ ba, họ đã mắng chửi ông. Hôm sau, khi ông trở lại nói chuyện lần cuối, thì cũng thấy những người hôm trước có mặt ở đó, nên ông phải huỷ bỏ và được đưa ra khỏi giảng đường.

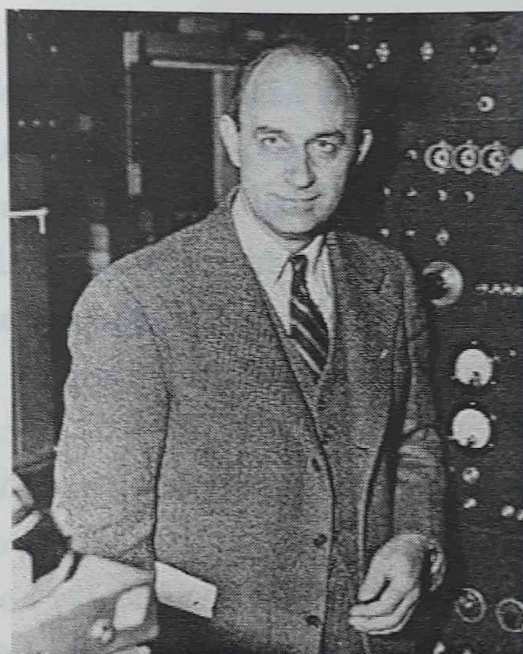
Đầu năm 2010, để vinh danh và mừng sinh nhật thứ 80 của Gell-Mann, một Hội nghị về *Cơ học lượng tử, Hạt cơ bản, Vũ trụ học lượng tử và Phức hợp*[4] được tổ chức trọng thể tại Đại học Công nghệ Nanyang, Singapore, với sự đồng tổ chức của Viện nghiên cứu Santa Fe Institute, Hoa Kì, có sự tham dự của nhiều nhà vật lí đoạt giải Nobel kì cựu trong ngành vật lí hạt, trong đó có C.N. Yang. Kỉ yếu Hội nghị được nhà xuất bản World Scientific Publishing House của Singapore phát hành.

---

[4] H. Fritzsch and K.K. Phua (ed.), *Murray Gell-Mann's 80th Birthday*. Quantum Mechanics, Elementary Particles, Quantum Cosmology and Complexity. World Scientific, 2011.

ENRICO FERMI

Nguyễn Xuân Xanh



Enrico Fermi (1901-1954).

Enrico Fermi được xem là người nối nghiệp Galileo Galilei của nước Ý sau đêm dài của bản án Galilei năm 1633. Ông là một thần đồng, có tài về lí thuyết lẫn thực nghiệm, có năng khiếu sư phạm, tài lãnh đạo và những tố chất của Galilei. Ông được trao giải Nobel năm 1938 cho những công trình nghiên cứu với neutron. Nhân chuyến đi nhận giải ở Stockholm, ông và vợ Laura Fermi, người gốc Do Thái, cùng nhau rời đất nước Ý Phát xít và định cư tại Hoa Kì. Tại Chicago, với tư cách lãnh đạo một nhóm nghiên cứu đề án nổi tiếng dưới cái tên Chicago Pile-1, ngày 2 tháng 12 năm 1942, Fermi đã thành công lần đầu tiên tạo ra phản ứng dây chuyền hạt nhân có kiểm

soát, tiền đề bom nguyên tử của đề án Mahattan sau này mà ông có tham gia. Đó là lò phản ứng hạt nhân đầu tiên trên thế giới.

Ông là người nghiên cứu đầu tiên một cách có hệ thống lực yếu trong hiện tượng phóng xạ beta những năm đầu 1930, và trở thành lí thuyết gia với công trình này. Ông được xem là "hoa tiêu Ý", luôn luôn khai phá các vùng đất mới, khi tìm xong, ông để lại việc khai thác tiếp cho người khác. Ông mất sớm ở tuổi 53, tháng 11 năm 1954, để lại cả một tiềm năng lớn chưa khai phá.

Chi tiết sau đây có tính nhân văn ít được biết, cho thấy cuộc sống nội tâm phong phú của ông.

"Mặc dù nhiều năm của tôi đã trôi qua, nhưng tôi vẫn nhớ nó (sự kiện dưới đây) như mới xảy ra hôm qua. Tôi lúc đó rất trẻ và có ảo tưởng rằng sự thông minh con người có thể đạt tới mọi thứ. Đó là lí do tại sao tôi hoàn toàn bị ngập chìm trong những nghiên cứu của mình. Đọc nhiều sách, điều đó không đủ đối với tôi; tôi trầm tư đến tận khuya về những vấn đề khó hiểu nhất. Sự suy nhược thần kinh trầm trọng đã buộc tôi ngừng lại, và rời bỏ thành phố đầy những cám dỗ cho bộ óc đã cạn kiệt của tôi để đi về miền quê hẻo lánh vùng Umbria (miền Trung nước Ý) để nghỉ dưỡng. Thực phẩm của tôi bị thu lại gần như thuần chay, không động vật. Tôi đọc ít, tôi cầu nguyện, tôi dành thời gian cho vùng quê đầy hoa (lúc đó là mùa xuân), tôi nghiền ngẫm về các khối lượng dày đặc, và những đường sọc xanh lá của hồ tiêu, các đường hoa thuốc phiện chạy dọc theo các con kênh, các ngọn núi xanh chặn tầm mắt hướng chân trời, công việc thầm lặng của người dân trên những cánh đồng và trong các nhà tranh. Một buổi tối, thực ra là đêm, trong khi tôi đợi giấc ngủ đến, ngồi trên bãi cỏ của một cánh đồng, tôi nghe cuộc trò chuyện thanh thản của những người dân làng gần đó; những điều họ nói đều rất đơn giản, nhưng không thông tục hay phù phiếm, như thường thấy trong các giới khác. Những người làng quê của tôi nói rất ít, và khi họ nói, thì đó là những điều gì thích hợp, nhạy cảm, và đôi khi minh triết nữa. Cuối cùng họ im lặng, như thể một quyền lực oai nghiêm trầm lặng và trịnh trọng nào của cái đêm Ý này, không trăng nhưng đầy sao, đã phủ chú lên tinh thần mộc mạc của họ. Sự im lặng, không phải

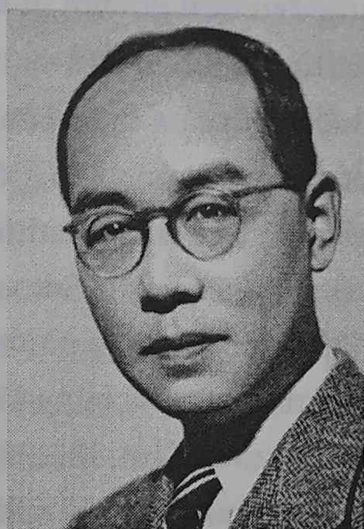
phù chú kia, bị phá tan bởi một giọng nói nghiêm chỉnh của một người đàn ông mập mạp, dáng dấp thô, đang nằm trên bãi cỏ với đôi mắt hướng đến các vì sao trên trời và thốt: "Đẹp làm sao! Nhưng lại có những người bảo rằng Chúa không tồn tại!" Tôi lặp lại, câu nói của người dân quê lớn tuổi kia ở chỗ đó, vào thời điểm đó, sau nhiều tháng học hành khô khan, đã chạm vào tâm trí tôi mạnh mẽ đến nỗi mỗi lần tôi nhớ lại tưởng chừng nó mới xảy ra hôm qua. Một vị tiên tri Hebrew đã nói 3 ngàn năm trước: "Trời đã biểu thị sự vinh quang của Thượng Đế." Một trong những nhà triết học nổi tiếng nhất của thời hiện đại đã viết: "Hai điều đã chiếm ngự tâm hồn tôi với sự ngưỡng mộ và tôn kính - bầu trời đầy sao trên tôi và định luật đạo đức trong tôi."[1] Người đàn ông của vùng quê Umbria kia ngay cả đọc chữ cũng không biết. Nhưng trong nội tâm ông ta, được gìn giữ bởi một cuộc sống mộc mạc và cần cù, có một góc nhỏ mà ở đó ánh sáng của sự huyền bí đã giáng thế với một sức mạnh không thua kém sức mạnh ở các nhà tiên tri và có lẽ còn hơn cả sức mạnh ở các nhà hiền triết."[2]

[1] Là Immanuel Kant.

[2] Bersanelli, Marco & Gargantini, Mario, *From Galileo to Gell-Mann. The Wonder That Inspired The Greatest Scientists of All Time*. Templeton Press, 2009. Tr.164-65.

HIDEKI YUKAWA

Nguyễn Xuân Xanh



Hideki Yukawa (1907-1981).

Hideki Yukawa có một tiểu sử và cuộc đời thú vị. Ông sinh ra trong một gia đình trí thức, bố là giáo sư địa chất học (Takuji Ogawa). Trước khi bắt đầu đi học, Hideki đã được ông ngoại rèn đọc các tác phẩm cổ điển Trung Hoa bằng phương pháp *sodoku*, đọc các chữ cái tiếng Hoa to theo cách phát âm của Nhật (*kanji*) mà không cần để ý đến nghĩa, mục đích để "nhập tâm" trước. Do đó ông biết đọc rất sớm và đọc sách văn học rất nhiều, loại văn học làm giàu óc tưởng tượng, bao gồm các tác phẩm kinh điển của Nhật Bản và phương Tây. Ông nhớ lại, khi bước vào tiểu học ông đã học hết 10 tập sách có minh họa ảnh viết về Hoàng đế Taiko[1]! Trong các tác giả Nhật Bản, Yukawa nhắc đến nhà văn Natsume Soseki. Tác phẩm *Sanshiro* năm

[1] Taiko là Toyotomi Hideyoshi thế kỉ 16. Đây là bộ sách *The Chronicles of Taiko* (Biên niên sử của Taiko).

1908 của ông kể câu chuyện về một thanh niên từ tỉnh lên học tại Đại học Hoàng đế Tokyo. Trong một cuộc tụ tập sinh viên, một người trong nhóm họ đọc một bài diễn văn có đoạn:

> Chúng ta, thanh niên, không thể chịu đựng được nữa sự áp bức của Nhật Bản cũ. Đồng thời, chúng ta sống trong những hoàn cảnh buộc chúng ta phải tuyên bố với thế giới rằng chúng ta, thanh niên, không thể chịu đựng được nữa sự áp bức mới của phương Tây. Trong xã hội, và cũng như trong văn chương, sự áp bức mới từ phương Tây cũng đau đớn đối với những người trẻ của thời đại mới, như sự áp bức từ Nhật Bản cũ.[2]

Ông không có được nhiều tình cảm từ bố của mình, ông nhớ lại, chẳng bao giờ được bố ôm âu yếm, cũng không bao giờ dám hỏi xin bố đồ chơi. Bố ông có lẽ chờ đợi một thái độ người lớn ở những đứa trẻ. Khi ông bước vào trường cấp 3 ở Kyoto, ông hiệu trưởng, Sotosaburo Mori, nói trong bài diễn văn chào mừng đến lớp học: "Từ ngày này trở đi, tôi sẽ đối xử với các anh chị như những người lớn." Đó có lẽ cũng là thái độ của bố ông, ông nghĩ. Ông cũng không mê khoa học lắm. Mặc dù ông có điểm cao ở tiểu học, nhưng sang trung học ông không còn tỏ ra là một tài năng, nên người anh cả Yoshiki thường hay nói đùa, "Hidé không phải là một đứa trẻ sáng chói lắm; cậu ta cứng đầu, và gây phiền muộn cho chúng ta."

Tuy Hideki có sợ bố, có giữ sự im lặng trước bố thay vì phê bình bố, nhưng ông cảm ơn bố đã không bao giờ ép buộc con cái phải học cái gì, chúng có quyền hoàn toàn theo đuổi sở thích của chúng, và bố ông xem việc học chỉ để lấy điểm trong trường là một sự điên rồ. "Thực tế, tôi chẳng bao giờ thấy thích thú ôn bài để thi. Hơn nữa, tôi không có trí nhớ tốt, và không bao giờ giỏi trong các môn đòi hỏi trí nhớ." Ông thích toán, nhưng sở thích này đã giảm xuống sau phổ thông cơ sở, bởi vì toán học đã được dạy bằng một kiểu dùng trí nhớ nhiều hơn. Thầy toán của ông tổ chức các bài giảng chặt chẽ một cách quá đáng, giả tạo, khiến ông không thể nhớ hết, không làm tiếp được bài trong lớp, nên bị thầy mắng: "Ông Ogawa làm

---

[2] L.M. Brown, Dẫn nhập trong Hideki Yukawa, *Tabibito* (Kẻ lữ hành). World Scientific, 1982. Tr.11.

sao thế?" trước sự dòm ngó của những học sinh khác. "Đó không phải là toán học; nó giống như huấn luyện nhà binh", ông bình luận.

Khi bước vào trung học, ông trở nên thầm lặng hơn, không phải vì thiếu bạn, ông tham gia vào các buổi thể thao vì như ông viết, "thế giới nội tâm của một đứa con trai đã mở ra bên trong tôi; nghĩ lại, tôi cảm thấy tôi đã suy nghĩ hẹp hòi khi cố gắng bảo vệ tôi. Nơi tôi thường đến nhất là thư viện, có tên *Seishikan*[3], một tòa nhà nhìn bên ngoài nghèo nàn, giống như các tòa nhà của các trường học khác."

Ông thích toán, nhưng không thích vật lí cho đến khi Einstein thăm Nhật Bản năm 1922, một sự kiện thu hút dư luận mạnh mẽ. Ông đọc sách về lượng tử nhưng "hoàn toàn không hiểu ý nghĩa của nó, tuy nhiên tôi cảm thấy một sự hấp dẫn huyền bí với câu chữ", ông nhớ lại. Ông tự học là chính. Trước thời gian tốt nghiệp cử nhân tại Đại học Kyoto, ông có những ưu tư về tương lai. "Nếu tôi tiếp tục theo đuổi vật lí, có thể chẳng đi đến đâu. Tôi bi quan đến độ tôi có ý nghĩ muốn trở thành tu sĩ. Sự chán ghét của tôi đối với xã hội, từ những ngày trung học, trỗi dậy. Nó vẫn ngự trị trong tôi cho đến ngày nay, mặc dù tôi muốn tránh tiếp xúc hơn là sự không ưa thích một cách tích cực. Tôi muốn cắt bớt các giao tiếp với người khác xuống còn một phần mười, tôi muốn sống yên tĩnh." Ông đi lên một chùa quen ở gần lâu đài Osaka để giảm sự chán nản, và khi bị trầm cảm, ông nghĩ rằng mình có thể trở thành một tu sĩ tại chùa đó. Sau khi tốt nghiệp cử nhân (1929) tại Đại học Kyoto, ông hoàn toàn quên đi những suy nghĩ đó. Một giai đoạn mới mở ra trước mắt ông.

Năm 1932 ông lập gia đình với Sumi Yukawa, và lấy luôn họ vợ, cũng như chấp nhận làm con nuôi của gia đình vợ. Năm 1932 cũng là năm "náo động" ở Âu châu, hơn cả sự náo động cuộc đời ông, được đánh dấu bởi sự khám phá ra deuteron, neutron và positron, phản hạt của electron, và sự phân hủy hạt nhân bằng những proton được gia tốc. Yukawa ý thức có thể đóng góp phần mình vào vật lí lí thuyết. "Vật lí là một khoa học có những tiến bộ nhanh chóng trong thế kỉ 20. Có thể nói, tôi chỉ đơn giản cưỡi lên

---

[3] Có nghĩa "Đại sảnh của những Tư tưởng Thầm lặng".

ngọn sóng dâng tới của một nền khoa học mới bằng việc làm những gì mà tôi thích làm. Không có gì chắc chắn có thể nói được ngoài mong ước của tôi, như tôi đã từng làm trong quá khứ, là trở thành một khách lữ hành trong một vùng đất lạ và một người khai khẩn một quê hương mới" như ông viết trong tự truyện.

Năm 1935, Yukawa tiên đoán *lực mạnh* tác dụng trong phạm vi cực ngắn trong nhân nguyên tử chống lại lực đẩy mạnh giữa các proton và neutron trong nhân, lực mạnh này được truyền bởi các hạt có tên *pion* (π-meson), giống như photon trong lực điện từ. Giải Nobel Vật lí năm 1949 được dành cho ông, và cho Nhật Bản lần đầu tiên, nó đem lại cho nhân dân Nhật Bản sau những khổ đau và chịu đựng của những năm chiến tranh một sự cổ vũ và động viên vô cùng lớn, đưa Yukawa lên hàng "anh hùng của quốc gia". Nó cũng giống như thuyết tương đối rộng của Einstein được kiểm chứng năm 1919 đã đem lại cho nước Đức bại trận một sự cổ vũ và động viên vô cùng to lớn. Với giải Nobel của Yukawa, người Nhật xem mình ngang hàng với phương Tây về khoa học.

Yukawa có một người bạn đồng hành, Shin-Itiro Tomonaga, trẻ hơn ông một tuổi, cùng sinh ra tại Tokyo, cùng học vật lí tại Đại học Kyoto, cũng được giải Nobel năm 1965 cùng với Schwinger và Feynman về công trình Thuyết điện động học lượng tử QED. Hai nhà vật lí này có ảnh hưởng vô cùng to lớn đến sự phát triển lí thuyết hạt và vật lí nói chung của Nhật Bản. Riêng Yukawa thành lập trường (phái) phát đạt của những nhà vật lí lí thuyết tại đại học. Ông thành lập tạp chí *The Progress of Theoretical Phycics*, có trình độ kiến thức khoa học cao và giành được sự công nhận quốc tế, đặc biệt trong lĩnh vực vật lí hạt. Tạp chí này thường có những ý tưởng mới xuất hiện độc lập với những ý tưởng sau đó hoặc đồng thời được khám phá ở phương Tây.

Mối quan tâm của Yukawa thời thanh niên ưu tiên dành cho văn chương hơn là khoa học. Ông viết rất nhiều bài về những vấn đề văn hóa và khoa học. Dưới đây là một trích đoạn từ bài diễn văn của ông tại hội nghị ở Hi Lạp nói lên suy nghĩ của ông trước câu hỏi tại sao khoa học hình thành ở Hi Lạp và phương Tây mà lại không hình thành ở phương Đông.

"Như một con người đã trở thành nhà vật lí, tôi rất ý thức về sự chịu ơn của tôi đối với Hi Lạp, những người đã có sáng kiến về một sự nỗ lực vĩ đại để phát hiện ra chân lí ẩn sâu trong giới tự nhiên [...]

Tôi được sinh ra, lớn lên và giáo dục trong một đất nước ở xa thế giới phương Tây đến nỗi ảnh hưởng của triết lí, khoa học và nghệ thuật Hi Lạp khó được cảm thụ cho đến khoảng một trăm năm trước khi cha ông chúng tôi bắt đầu cuộc nỗ lực toàn tâm để học khoa học và công nghệ của thế giới phương Tây. Điều này đã có một tác động lên những người trí thức của đất nước chúng tôi đến độ số đông thế hệ tôi đã bị tách khỏi phần lớn những điều giáo huấn cổ điển phương Đông mà cha ông chúng tôi đã từ các thế hệ trước thừa hưởng. Tuy nhiên khi tôi khoảng 5 tuổi, ông ngoại và cha tôi bắt đầu dạy tôi, ngược lại cái mốt đương thời, các tác phẩm cổ điển được viết lại bởi các môn đệ của Khổng tử. Ở khoảng tuổi 13 hay 15 tôi tìm thấy những quyển sách về Lão giáo của Lão tử trong thư viện của bố tôi, và tôi đã bị ấn tượng sâu sắc về triết học của tự nhiên và của cuộc sống, nó ra đời cùng khoảng thời gian với triết học Hi Lạp.

Với một nền giáo dục như thế, tôi đã bước vào thế giới của khoa học hiện đại dựa trên di sản của người Hi Lạp. Từ đấy một câu hỏi đã ám ảnh tôi, và nó vẫn còn ám ảnh tôi: "Tại sao khoa học đạt đến trình độ hiện tại của nó như là một kết quả của các nền tảng của nó từ Hi Lạp mà không phải từ một nước khác?" Tôi không thể không tự hỏi mình câu hỏi này, đặc biệt khi mà triết học của Lão tử và Trang tử về tự nhiên và cuộc sống không chỉ rất sâu sắc, mà còn dựa trên lí tính. Họ nhận thức rõ ràng cái đạo hoàn vũ (universal way), hay định luật tự nhiên ngự trị khắp nơi trong tự nhiên. Tại sao họ và những tín đồ của họ không thể phát triển các ý tưởng của họ thành một hình thức rõ ràng có thể so sánh với những gì đã đạt được trong triết học tự nhiên của Hi Lạp cổ đại? Tôi không có một câu trả lời nào rõ ràng, nhưng tôi chắc rằng phải có mối liên hệ mật thiết với năng lực của con người về tư duy trừu tượng. Vì lí do này hay lí do khác, Trung Hoa đã không thể sản sinh mẫu người thiên tài như được minh họa ở Pythagoras và Democritus. Không nghi ngờ gì nữa, điều cốt lõi để tạo ra một hình mẫu của một khoa học chính xác như vật lí là cần xuất hiện một Pythagoras -

người hiểu được các định luật tự nhiên là những mối quan hệ đơn giản và rõ ràng giữa các con số, một Democritus - người phát triển ý tưởng về sự tồn tại của các nguyên tử nhỏ không nhìn thấy và quan niệm trừu tượng về chân không."[4]

Trong chú thích cuối trang về tính khoa học của Lão giáo, Yukawa trích dẫn Trang tử. Danh từ của tiếng Trung Hoa tương đương với "nature", có nghĩa là "cái tồn tại tự nó như thế" (tự nhiên, *shizen*). Trong sách Trang tử, những câu sau đây có thể được tìm thấy: "Bậc hiền triết đạt đến Logos tìm ẩn bên trong mọi sự vật trên cơ sở vẽ đẹp của Trời và Đất." Khi được hỏi "Cái Đạo ở đâu", câu trả lời của Trang tử là "Ở khắp mọi nơi". Được yêu cầu cho ví dụ, ông trả lời: "Cái Đạo nằm trong côn trùng, cây cỏ, các viên gạch và các bức tường" trước sự ngạc nhiên của người hỏi.

Yukawa là 1 trong 11 nhà khoa học hàng đầu thế giới đã kí tên vào bản *Tuyên ngôn Sáng kiến Russell-Einstein* năm 1955 báo động nguy cơ chiến tranh hạt nhân và kêu gọi các chính phủ quốc gia trên thế giới hãy tìm kiếm những giải pháp hòa bình thay vì chạy đua vũ trang.

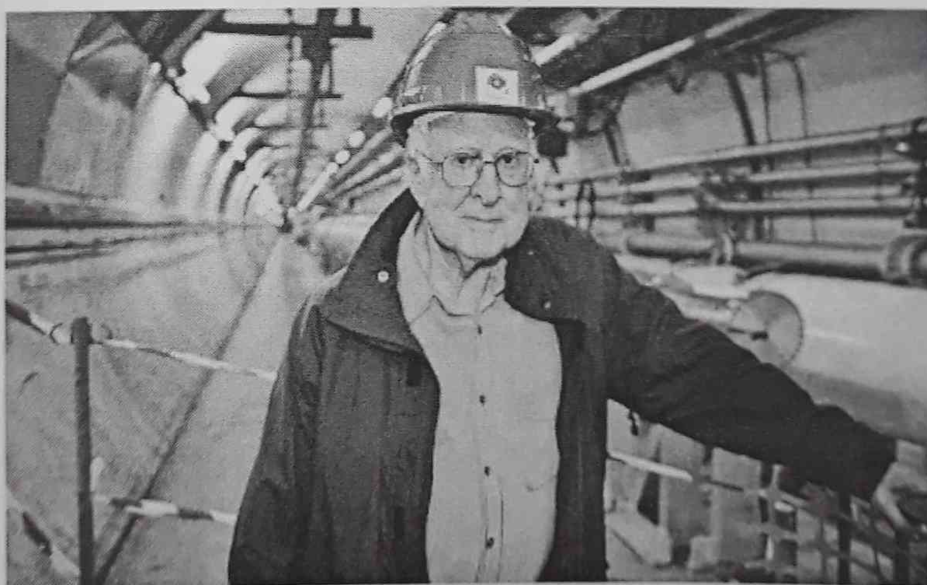
---

[4] Trong Hideki Yukawa, *Creativity and Intuition*. Kodansha America, Inc; 1st edition, 1978.

TÌM KIẾM BOSON HIGGS
MỘT CUỘC PHIÊU LƯU KÌ THÚ
CỦA KHOA HỌC



Máy gia tốc đối chùm LHC trong đường hầm.



Peter Higgs trong đường hầm LHC.

Chương 2

CERN: CUỘC PHIÊU LƯU KÌ THÚ CỦA HỢP TÁC KHOA HỌC QUỐC TẾ[1]

[1] Các bài viết trong chương này được chọn lọc và sắp xếp bởi Nhóm Chủ biên.



CERN được thành lập vào năm 1952 và đến ngày 29 tháng 9 năm 1954 được đổi tên thành *Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire* (Trung tâm Nghiên cứu Hạt nhân Châu Âu), bao gồm 12 nước thành viên Tây Âu. Đây là trung tâm nghiên cứu vật lí hạt lớn nhất thế giới, có máy gia tốc, máy gia tốc đối chùm và cơ sở hạ tầng cần thiết khác cho nghiên cứu vật lí hạt. CERN có trụ sở đặt tại Geneva, nằm trên biên giới giữa Pháp và Thụy Sĩ. Hiện nay, tham gia vào trung tâm có 20 quốc gia thành viên Âu châu, và trung tâm duy trì quan hệ hợp tác chặt chẽ với nhiều trung tâm nghiên cứu vật lí hạt khác trên thế giới. Trung tâm có khoảng 4.000 nhân viên, trong đó 60% làm việc toàn thời gian và 40% bán thời gian. Trung tâm tiếp đón khoảng 10.000 nhà khoa học và kĩ sư đến làm việc, đại diện cho hơn 600 trường đại học và trung tâm nghiên cứu của hơn 100 quốc gia và vùng lãnh thổ.

CERN là một ví dụ nổi bật về sự thành công của hợp tác quốc tế và đồng thời là tác nhân chính thúc đẩy sự phục hưng khoa học ở Âu châu sau Thế chiến thứ II. Trong số những thành tựu quan trọng nhất của CERN, người ta có thể kể đến: phát hiện dòng trung hòa bằng buồng bọt Gargamelle vào năm 1973; phát hiện hạt boson W và Z qua thí nghiệm UA1 và UA2 vào năm 1983; xác định số họ neutrino nhẹ và một loạt các kiểm tra chính xác lí thuyết điện-yếu và lí thuyết sắc động học lượng tử với hệ gia tốc đối chùm electron-positron (LEP) bắt đầu hoạt động từ 1989. Khám phá tại máy gia tốc đối chùm hadron (LHC) công bố ngày 4 tháng 7 năm 2012 về một boson có khối lượng khoảng 125 GeV phù hợp với boson Higgs được tìm kiếm

từ lâu là động lực để chúng tôi chọn đăng những bài viết này bằng tiếng Việt. Ba giải Nobel đã được trao để công nhận thành tích của các nhân viên CERN: vào năm 1984 cho Carlo Rubbia và Simon van der Meer với sự phát triển dẫn đến khám phá hạt boson *W* và *Z*, và vào năm 1992 cho Georges Charpak với sáng chế và phát triển hệ máy ghi nhận hạt, đặc biệt là buồng tỉ lệ nhiều dây (multiwire proportional chamber).

Sau phần giới thiệu ngắn gọn về tổ hợp máy gia tốc vận hành tại CERN, chúng tôi chọn lọc một vài mô tả và hồi ức về CERN cũng như tinh thần hoạt động của nó.

MÁY GIA TỐC LIÊN HỢP

Pierre Darriulat

Vật lí hạt hiện đại sử dụng hai hệ thống thiết bị cơ bản: hệ đối chùm và hệ ghi đo. Hệ đối chùm tạo ra các điều kiện để các hạt năng lượng cao va chạm và tạo ra các hạt nặng mới chưa từng được biết đến. Hệ ghi đo được lắp đặt xung quanh các điểm va chạm dùng để ghi nhận các hạt thứ cấp sinh ra trong quá trình va chạm và ghi lại những đặc trưng cơ bản của chúng.

Khám phá một hạt mới đồng nghĩa với việc phải tạo ra đủ năng lượng trong va chạm để một phần năng lượng chuyển đổi thành khối lượng của hạt mới. Vì vậy, để phát hiện những hạt có khối lượng lớn hơn đòi hỏi phải đạt đến những mức năng lượng cao hơn và do xác suất tạo ra chúng rất thấp nên cần tạo ra số lượng va chạm đủ lớn để có cơ hội ghi nhận hạt mới. Tần suất tạo ra hạt được đặc trưng bởi đại lượng gọi là tiết diện tương tác; hình dung rằng các hạt va chạm giống như hai quả cầu với bán kính R, xác suất va chạm của chúng tỉ lệ với diện tích đối đầu của chúng, có giá trị bằng πR^2, được gọi là *tiết diện tương tác tổng*. Đối với va chạm của các proton như xảy ra ở LHC, proton có bán kính $\sim 10^{-13}$ cm nên tiết diện tổng cỡ vài 10^{-26} cm^2. Tuy nhiên, hầu hết các va chạm không tạo ra hạt mà ta đang tìm kiếm, chỉ có một trong số x va chạm sẽ tạo ra hạt mới này. Do đó, xác suất phát hiện hạt mới này bằng tiết diện tương tác tổng chia cho x được gọi là *tiết diện sản phẩm* (production cross-section). Trong trường hợp của hạt boson Higgs, x có giá trị khoảng 10^{11} và tiết diện sản phẩm có giá trị khoảng 10^{-36} cm^2. Tần suất tạo ra hạt mới bằng tích của tiết diện sản phẩm với cường độ

dòng hạt, đo trên $cm^{-2}s^{-1}$, là đại lượng đặc trưng cho hệ gia tốc đối chùm. Một hạt có tiết diện sản phẩm 10^{-36} cm^2 sẽ được tạo ra bởi một hệ đối chùm có cường độ dòng hạt 10^{32} $cm^{-2}s^{-1}$ với tốc độ là 1 hạt trên 10^4 s, nghĩa là có xấp xỉ 7 hạt trong một ngày. Vì vậy, để phát hiện những hạt có tiết diện sản phẩm nhỏ hơn cần phải tạo ra cường độ dòng hạt lớn hơn.

Những ngày đầu của vật lí hạt cơ bản, va chạm được tạo ra bằng cách bắn một chùm hạt được gia tốc lên bia, thông thường bia được làm bằng một lá kim loại mỏng. Tuy nhiên, năng lượng có thể đạt được tại khối tâm của va chạm, hệ quy chiếu thích hợp để mô tả quá trình tạo hạt mới, tăng theo căn bậc hai của năng lượng chùm tia tới theo thuyết tương đối hẹp: máy gia tốc bia cố định nhanh chóng được thay thế bằng máy gia tốc đối chùm tạo ra va chạm đối đầu giữa những chùm hạt năng lượng cao, và năng lượng va chạm sẽ bằng hai lần năng lượng chùm tia tới. Khi số lượng hạt của chùm tia tăng lên gấp đôi thì đương nhiên cường độ dòng hạt cũng tăng gấp đôi, tương tự như việc làm giảm một nửa diện tích S của chùm tia. Vì thế, công thức tính cường độ dòng hạt có dạng: $L=fN^2/S$, f là tần số va chạm các bó hạt của chùm tia và N là số hạt của một bó. Thách thức ở chỗ làm sao để tạo ra chùm tia có cường độ càng cao càng tốt và càng mảnh càng tốt.

Để đạt được cường độ cao, ta nên gia tốc các hạt tích điện bền phổ biến trong tự nhiên, có hai loại hạt duy nhất được biết là electron và proton. Việc lựa chọn giữa proton và electron không phải là đơn giản. Mỗi loại hạt đều có những ưu điểm và nhược điểm riêng.

Electron là hạt cơ bản có tiết diện sản phẩm rất thấp nhưng nhiều va chạm của electron có cơ hội tạo ra nhiều hạt mới thú vị. Trái lại, proton là một hạt hợp phần có tiết diện sản phẩm rất lớn nhưng lại có rất ít va chạm có cơ hội tạo ra những hạt mới thú vị. Vì electron là hạt cơ bản nên toàn bộ năng lượng chùm tia được dùng để tạo ra các hạt mới, trong khi proton là hạt hợp phần nên phần lớn năng lượng nằm ở thành phần không tương tác và chỉ một phần dành cho việc tương tác để tạo ra hạt mới. Ngoài ra, những thành phần không tương tác sẽ tạo ra phông nền gây khó khăn cho việc ghi nhận khi sử dụng máy gia tốc đối chùm proton hơn máy gia tốc đối chùm electron.

Tuy nhiên, việc gia tốc electron khó khăn hơn rất nhiều so với gia tốc proton. Để gia tốc chùm hạt người ta phải sử dụng các hốc gia tốc tần số vô tuyến, mỗi bó hạt khi đi qua một hốc nhận được năng lượng 10 MeV. Vì vậy để đạt được năng lượng cần thiết bó hạt phải đi qua hốc nhiều lần. Điều này được thực hiện bằng việc sử dụng máy gia tốc vòng đối chùm, chùm hạt cần phải chạy qua các hốc nhiều lần đòi hỏi các nam châm lái tia phải giữ chúng trên quỹ đạo tròn. Nhưng đối với hạt tương đối tính (có năng lượng lớn hơn khối lượng của chúng) khi bị bẻ cong trong từ trường sẽ phát ra photon dưới dạng bức xạ synchrotron và mất một phần năng lượng lớn tỉ lệ với bậc bốn của hệ số Lorentz. Và kết quả là khi năng lượng của electron tăng đến một giá trị nào đó, năng lượng truyền cho electron từ các hốc sẽ nhanh chóng bị mất đi. Ngược lại, các proton có khối lượng lớn hơn nhiều không bị ảnh hưởng bởi việc phát xạ synchroton. Trên cùng một đường hầm chu vi 27 km, có thể đặt máy gia tốc đối chùm electron (LEP) năng lượng 2×100 GeV hoặc máy gia tốc đối chùm proton (LHC) năng lượng 2×7.000 GeV.

Máy gia tốc đối chùm electron vòng có từ trường thấp và năng lượng bị giới hạn bởi quá trình phát xạ synchroton. Bán kính của vòng càng lớn thì năng lượng thu được càng cao. Để máy gia tốc đối chùm electron có thể đạt được năng lượng cao như LHC hiện nay, thì cần một máy gia tốc tuyến tính hơn là một máy gia tốc vòng. Như vậy thử thách tiếp theo là phải tạo ra các hốc gia tốc tần số vô tuyến hiệu suất cao... và phải có rất nhiều hốc. Đây sẽ là thiết kế cho thế hệ máy gia tốc đối chùm tiếp theo. Máy gia tốc đối chùm proton không cần các hốc gia tốc hiệu quả cao nhưng lại đặt ra thách thức với từ trường: các nam châm lái tia phải mạnh hơn để đạt được năng lượng cao hơn. Người ta thường nói rằng máy gia tốc đối chùm proton là "bẩn", ám chỉ ảnh hưởng của các hợp phần của chúng nhưng nó đủ tốt trong việc phát hiện ra các hạt mới, trong khi máy gia tốc đối chùm electron được biết đến là "sạch" và cho phép thực hiện các phép đo rất chính xác. Nói như vậy rõ ràng đã đơn giản hóa đi nhưng đó là sự thực.

CERN đang vận hành một chuỗi các máy gia tốc, tất cả đều được đặt dưới lòng đất, mỗi một máy gia tốc là một máy tiếp năng lượng cho máy gia

tốc có năng lượng cao hơn, và máy gia tốc cuối cùng của chuỗi là máy gia tốc đối chùm hadron (LHC, hadron có nghĩa là sử dụng proton). Máy gia tốc đầu tiên trong chuỗi là một máy gia tốc tuyến tính cung cấp cho máy gia tốc Proton Synchroton (PS) 28 GeV xây dựng năm 1959. Máy PS được sử dụng để tiếp năng lượng cho máy gia tốc Super Proton Synchroton (SPS), máy gia tốc vòng đường kính 2 km bắt đầu hoạt động vào năm 1976. SPS đầu tiên vận hành như một máy gia tốc bia cố định đạt năng lượng 450 GeV, và nhanh chóng sau đó chuyển thành máy gia tốc đối chùm proton-phản proton. Tiếp theo, nó lại được sử dụng như một máy gia tốc năng lượng cao cho electron và positron để đưa vào LEP. Từ năm 2008, nó lại được sử dụng để bơm proton và ion nặng vào LHC. Đường hầm chu vi 27 km của LEP, nơi đặt LHC hiện nay, nằm sâu 100 m dưới lòng đất trong khu vực giữa sân bay quốc tế Geneva và khu vực gần ngọn núi Jura.

Chuyên môn của CERN trong việc xây dựng và vận hành các máy gia tốc hạt và gia tốc đối chùm là vượt trội và làm cho Âu châu sánh ngang với Mĩ. CERN đi tiên phong trong việc vận hành máy gia tốc đối chùm proton đầu tiên, vòng lưu trữ hạt giao nhau (ISR) xây dựng từ năm 1966 đến 1971 và vận hành đến tận năm 1984. LEP được vận hành từ năm 1989 đến năm 2000 và nó vẫn là máy gia tốc lớn nhất hiện nay thuộc loại này. Máy gia tốc LHC hiện tại là máy gia tốc đối chùm năng lượng cao nhất trên thế giới, nó là công cụ duy nhất có khả năng phát hiện vùng khối lượng cao gắn liền với phá vỡ đối xứng tự phát của đối xứng điện-yếu nơi loại hạt mới mong đợi sẽ được tìm thấy.

Phạm Ngọc Điệp

MỤC ĐÍCH CAO CẢ

François de Rose

François de Rose, một nhà ngoại giao người Pháp, đã tham gia vào việc thành lập CERN ngay từ những ngày đầu. Ông giữ chức vụ Chủ tịch Hội đồng CERN từ năm 1958 đến năm 1960. Hơn 50 năm sau, ông vẫn nhớ từng chi tiết của những buổi thảo luận đầu tiên mà sau đó đã dẫn đến sự ra đời của tổ chức này. Trong thời kì tiếp theo, Isidor Rabi, nhà vật lí người Mĩ đoạt giải Nobel, đã đệ trình một nghị quyết cho phép UNESCO "hỗ trợ và khuyến khích thành lập các phòng thí nghiệm nghiên cứu khu vực để gia tăng sự hợp tác khoa học quốc tế", đưa đến sự thúc đẩy mạnh mẽ một số ít những nhà tiên phong Âu châu đang tiến đến ý tưởng thành lập một phòng thí nghiệm Âu châu, trong số đó có Raoul Dautry, Pierre Auger, Lew Kowarski, Edoaro Amaldi và Niels Bohr. Một phòng thí nghiệm như vậy không chỉ thống nhất các nhà khoa học Âu châu mà còn cho phép họ chia sẻ những chi phí đang gia tăng của các cơ sở vật lí hạt nhân. Tại cuộc họp liên chính phủ UNESCO, tháng 12 năm 1951, nghị quyết đầu tiên liên quan đến sự ra đời của CERN được thông qua; hai tháng sau, 11 nước kí thoả thuận thành lập Hội đồng tạm thời mà tại phiên họp thứ 3 vào tháng 10 năm 1952 đã chọn Geneva làm địa điểm của phòng thí nghiệm tương lai. Hiệp ước CERN, được đưa ra tháng 7 năm 1953, dần dần được phê chuẩn bởi 12 nước thành viên sáng lập: Bỉ, Đan Mạch, Pháp, Cộng hòa Liên bang Đức, Hi Lạp, Ý, Hà Lan, Na Uy, Thuỵ Điển, Thuỵ Sĩ, Vương quốc Anh và Nam Tư. Vào ngày 29 tháng 9 năm 1954, tiếp theo sự phê chuẩn bởi Pháp và Đức, Trung tâm Nghiên cứu Hạt nhân Âu châu đã chính thức đi vào hoạt động.

CERN là một trong những thành tựu đáng tự hào nhất mà tôi đã từng được tham gia. Tôi vẫn rất gắn bó với tổ chức này, không chỉ vì tôi có rất nhiều bạn bè ở đó mà còn vì tổ chức này được thành lập với mục đích đáng trân trọng.

Những bước đầu tiên tiến tới việc thành lập CERN được thực hiện ở Hợp chủng quốc Hoa Kì giữa những năm 1947 và 1949. Trong thời gian đó tôi là đại diện của Pháp tại Uỷ ban Năng lượng Nguyên tử Quốc tế của Liên Hiệp Quốc, ở đó bao gồm cả những nhà ngoại giao và khoa học. Cũng tại đó, tôi đã gặp Robert Oppenheimer và chúng tôi bắt đầu một tình bạn. Giống như nhiều nhà khoa học Mĩ khác, ông ấy chịu ảnh hưởng rất lớn từ nền khoa học Âu châu, đặc biệt ông đã từng làm việc trong nhóm của Niels Bohr. Trong một cuộc thảo luận của chúng tôi, ông ấy đã nói đại ý như sau: "Chúng tôi đã học tất cả những gì chúng tôi biết ở Âu châu. Nhưng trong tương lai, nghiên cứu vật lí cơ bản sẽ đòi hỏi nhiều nguồn lực đáng kể vượt ra ngoài khả năng của từng nước Âu châu riêng rẽ. Các bạn cần phải chung sức để xây dựng những cỗ máy lớn sẽ cần đến trong tương lai. Nếu những người Âu châu bị bắt buộc phải đến Mĩ hay Liên Xô để tiến hành những nghiên cứu cơ bản của họ thì thật là không tốt". Ý tưởng đó làm tôi mê mẩn và tôi sắp xếp để ông ấy gặp những cố vấn khoa học Pháp cùng ủy ban với tôi, Pierre Auger, Francis Perrin, Lew Kowarski, và Bertrand Goldschmidt.

Vào năm 1949, khi chúng tôi trở lại Paris, tôi và Francis Perrin đã đi một vòng quanh các thủ đô Âu châu để xem ý tưởng của Oppenheimer sẽ được tiếp nhận ra sao. Chúng tôi đã đối mặt với sự thiếu quan tâm: các nhà khoa học sợ rằng trung tâm nghiên cứu lớn như vậy có thể ngốn hết tất cả tiền vốn sẵn có và rút hết nguồn lực từ phòng thí nghiệm của họ. Tuy nhiên, họ đã sai, bởi vì ngay khi CERN bắt đầu yêu cầu các nguồn lực thì đã có sự gia tăng trong quỹ dành cho nghiên cứu. Hơn nữa, các chính phủ không biết nó là về cái gì: khi họ nghe đến những từ ngữ như *nghiên cứu nguyên tử*, ngay lập tức họ nghĩ đến bom nguyên tử và lo ngại là nó sẽ không chấp nhận được với người Mĩ. Một điều sau cùng nhưng không kém phần quan trọng là Fréderic Joliot Curie, một thành viên nổi tiếng của Đảng Cộng sản, phụ trách Uỷ ban Năng lượng Nguyên tử Pháp đã khiến cho những nhà

khoa học Âu châu khác lảng tránh. Vì vậy chúng tôi đã thất bại trong nhiệm vụ của mình. Tuy nhiên, ý tưởng sau đó được đưa ra bàn thảo và bài phát biểu của Isidor Rabi tại Hội nghị Florence đã đảm bảo bước đột phá mà chúng tôi cần.

CERN được tạo ra để những người Âu châu không buộc phải đến Mĩ. Hiện nay, những người Mĩ đang đến Âu châu để làm việc với các cỗ máy của CERN, điều mà tôi không nghĩ là Oppenheimer đã dự đoán. Tôi thấy đây là một vòng xoay thật phi thường.

Lion Alio

MỘT CUỘC PHIÊU LƯU KÌ DIỆU

Carlo Rubbia

Tên tuổi của Carlo Rubbia gắn liền với việc tìm thấy các hạt W và Z boson tại CERN. Năm 1984, ông đã được trao giải Nobel, cùng với Simon van der Meer, vì những đóng góp dẫn tới thành quả này. Trong thời gian ông được bổ nhiệm làm Tổng Giám đốc của CERN từ 1989 tới 1993, "máy gia tốc đối chùm Proton-Electron" đã được xây dựng, bốn thí nghiệm của LEP đã cho những kết quả đầu tiên và dự án LHC được thúc đẩy mạnh mẽ.

Tôi tới làm việc lần đầu ở CERN vào đầu năm 1960. Hôm nay, sau hơn 45 năm, tôi vẫn cảm thấy hào hứng và tràn đầy nhiệt huyết với sự hợp tác quốc tế giữa các viện nghiên cứu như những ngày đầu, thời điểm mà một khái niệm tiến bộ như thế chưa được biết đến và phổ biến như ngày hôm nay. CERN đã được thành lập bởi một nhóm sáng lập viên kiệt xuất vào thời điểm chuyển mình tái thiết Âu châu, nhằm thúc đẩy khoa học thuần tuý trên phạm vi toàn Âu châu và để xây dựng lòng tin, sự thống nhất giữa nhân dân của các nước, với truyền thống và tinh thần khác nhau, sau những thảm hoạ của Thế chiến thứ II.

CERN đã đang và sẽ vẫn là một "lò luyện" tuyệt vời, nơi thu hút rất nhiều tài năng trẻ và kiệt xuất từ nhiều nước khác nhau. Sống cùng nhau - có thể nói như dưới một mái nhà - với điều kiện làm việc đầy đủ, phù hợp, chúng tôi có thể hoạt động trong một môi trường tự do tuyệt đối về mặt khoa học, tràn đầy đam mê và hứng khởi mà không ở đâu khác có thể có được. Chúng tôi tận hưởng những lợi ích của tinh thần đồng đội mang lại, kết quả của sự hợp tác trên tinh thần ấy lớn hơn rất nhiều so với những

đóng góp riêng lẻ của từng thành viên ưu tú trong đội ngũ chúng tôi cộng lại.

Tính đặc sắc của cộng đồng các nhà vật lí máy gia tốc ở CERN đã thể hiện rất rõ từ những ngày đầu qua việc xây dựng "máy gia tốc proton có độ hội tụ cao" (strong-focusing proton accelerator) đầu tiên. Dự án được thực hiện bởi John Adams cùng một đội ngũ tuyệt vời do chính ông thành lập ở độ tuổi 30. Ông đã can đảm huỷ bỏ dự án máy gia tốc hội tụ yếu 10 GeV khi nó đã được duyệt để xây dựng máy Synchrotron dùng chùm Proton 25 GeV tiên tiến hơn rất nhiều. Cuộc phiêu lưu tiếp theo là việc xây dựng máy gia tốc ISR[2], đóng vai trò tham chiếu cho tất cả các dự án tiếp theo. Dự án ISR đã được thực hiện nhờ tầm nhìn chiến lược của tổng giám đốc lúc đó, nhà vật lí Vicki Weisskopf.

Tuy nhiên, các kết quả vật lí đã không được như mong đợi, bây giờ nhận định lại có lẽ chủ yếu do việc lựa chọn thiết bị không được tối ưu vào thời điểm đó. Nhưng nhiều cải tiến trong lĩnh vực máy gia tốc thu được từ ISR đã được dùng để phát triển SPS[3] với những tính năng vượt xa các máy gia tốc truyền thống ở Fermilab, Mĩ, và vì thế đã cho phép dễ dàng chuyển đổi thành máy gia tốc đối chùm SPS sau này. SPS là một máy gia tốc tuyệt vời, nó có sẵn tất cả các tính năng cơ bản để trở thành một máy đối chùm. Để chuyển đổi được như vậy, SPS cần có một nguồn phản-proton lớn, trong khi vào thời điểm đó, tạo được một lượng nhỏ phản-proton cũng đã được xem là thành công. Để tạo được nguồn phản-proton đủ lớn cần phải khắc phục được cái gọi là "định lí Liouville"[4], phát triển các nghiên cứu trước đây đã thực hiện tại ISR bởi Wolfgang Schnell và Simon van der

---

[2] Intersecting Storage Rings, Máy gia tốc va chạm proton-proton đầu tiên, gồm hai đường dẫn hạt proton dạng vòng, giao nhau ở 8 điểm tương tác - (ND).

[3] Super Proton Synchrotron (SPS) là máy gia tốc hạt dạng xoắn, đặt dưới đường hầm có chu vi 6,9 km tại CERN. SPS cho phép gia tốc các proton lên tới 400 GeV - (ND).

[4] Định lí Louville phát biểu rằng, trong điều kiện bảo toàn năng lượng, mật độ chùm hạt là hằng số. Do vậy để tăng mật độ phản-proton trong máy hạt gia tốc, trong khi vẫn muốn có chùm hạt với độ hội tụ cao là việc không dễ. Simon van der Meer đã tìm ra kĩ thuật làm "lạnh" gọi là "Stochastic cooling" để giải quyết khó khăn trên và Carlo Rubbia đã áp dụng kĩ thuật này để tìm ra các hạt W và Z boson - (ND).

Meer. Nhiệt tình và những nỗ lực to lớn đã cho phép máy tích lũy phản-proton (Antiproton Accumulator), một báu vật, được chế tạo trong vòng chưa tới hai năm!

Chuỗi những máy gia tốc tuyệt vời, đầu tiên là SPS và sau đó là LEP, đã được bổ sung bằng vô số các công nghệ về thiết bị mang tính cách mạng không kém, và cũng được phát triển tại CERN, chẳng hạn như "Buồng trôi" (wire and drift chambers), Năng lượng kế (Calorimeters) v.v., mà thiếu chúng, tất cả các phát minh quan trọng trong lĩnh vực hạt cơ bản trên khắp thế giới đã không thể thực hiện được, và chính vì vậy Georges Charpak đã xứng đáng nhận giải Nobel.

Sự khám phá ra các boson *W* và *Z*, được hội đồng giải Nobel công nhận ngay sau đó, chỉ là đỉnh của tảng băng của một cuộc phiêu lưu kì diệu, không tiền khoáng hậu mà biết bao con người tuyệt vời từ nhiều nước khác nhau, nhiều người trong số họ không còn nữa, đã tự hào tham gia.

Để đánh giá mức độ quan trọng của những gì mà đội ngũ của CERN đã đạt được cho tới nay, chỉ cần chỉ ra rằng trong một phần tư thế kỉ - cho tới khi LHC sẽ khởi động và đảm nhận vai trò chính, hai máy va chạm proton-phản-proton đã đang đóng vai trò chính trong nghiên cứu vật lí năng lượng cao của toàn thế giới, máy thứ nhất được phát triển hoàn toàn ở CERN và máy thứ hai có năng lượng cao hơn Tevatron ở Fermilab.

Chúng ta vô cùng vui mừng trong những ngày hạnh phúc này của CERN: chúng ta tự hào vì những gì chúng ta đã làm được.

Thời điểm cho một thế hệ mới và một CERN mới đang tới. Xin trích lời Simon van der Meer: *"Nếu họ (các nhà Vật lí thế hệ tiếp theo - ND) có ý tưởng nào đó - dù nó điên rồ thế nào đi nữa - họ cũng nên kiểm tra nó. Rất có thể một trong một trăm lần sẽ có một ý tưởng hay"*.

Đỗ Hoàng Sơn

XÂY DỰNG NHỮNG CẦU NỐI

Robert Eisenstein

Robert Eisenstein bắt đầu tham gia các thí nghiệm tại CERN vào năm 1980. Trong thời gian đầu sự nghiệp, ông đã dành hơn một thập kỉ tại Quỹ Nghiên cứu Quốc gia với chức vụ Giám đốc Phân viện Vật lí và sau đó là Phó giám đốc Khoa học Toán và Lí, giữ một vai trò quan trọng trong việc tổ chức hợp tác giữa Mĩ và dự án LHC. Ông làm Chủ tịch Viện Santa Fe trong một thời gian ngắn và là người chủ trì sáng lập ra Liên minh Khoa học Santa Fe.

Trong hai thí nghiệm tại LEAR mà tôi đã tham gia, một thí nghiệm vẫn đang tiếp tục theo một số hướng khác nhau. Trong gần 25 năm, thí nghiệm quy mô tương đối nhỏ này đã cho ra khoảng 30 luận án tiến sĩ của những sinh viên đến từ Mĩ, Đức, Thụy Điển - một điều rất đáng chú ý. Đây có lẽ là sự cộng tác tốt nhất mà tôi đã từng tham gia, với những đồng nghiệp tuyệt vời, một nỗ lực quốc tế thật sự...

Trong thâm tâm tôi, CERN vẫn luôn là ví dụ điển hình về sự hợp tác quốc tế trong khoa học. Một vài viện nghiên cứu khác đã thử mô phỏng theo mô hình của CERN nhưng không gặt hái được những thành công tương tự. CERN đã đóng một vai trò quan trọng trong việc cải thiện các mối quan hệ quốc tế, đặc biệt là trong thời kì Chiến tranh lạnh. Nó cho phép có sự giao tiếp trong khoa học giữa các nước không có bất kì sự trao đổi nào trên các phương diện khác.

Những gì mà CERN đã tạo ra sau Thế chiến thứ II rất tinh tế, với chính sách cởi mở hoàn toàn tại một thời điểm nó thật sự được trông chờ. Mọi người đều được chào đón, và tất cả những gì họ cần có là những ý tưởng

hay. Nguyên tắc đó vẫn được giữ vững đến ngày nay. Tôi luôn thích thú với việc đưa sinh viên đến đây, bởi vì CERN luôn luôn thú vị và hấp dẫn.

Thật sự quan trọng để nhớ về thời kì bắt đầu. Năm mươi năm trước, Âu châu bị tàn phá, CERN được thành lập với mục đích ban đầu để tái thiết và thống nhất nền khoa học Âu châu. Ý định là phải làm độc lập với Mĩ - và phải nói trung thực là, Mĩ đã không muốn tham gia bởi họ có chương trình riêng.

Do vậy, CERN đã phát triển một cách độc lập, nhưng Mĩ đã đóng vai trò hỗ trợ. Sau đó, Victor Weisskopf trở thành Tổng Giám đốc - đó là một lựa chọn cực kì sáng suốt. Ông là một người Âu châu nhập quốc tịch Mĩ, nhưng ông vẫn luôn là một công dân thế giới. Ông đã trở thành một nhân vật vô cùng quan trọng trong việc xây dựng những cầu nối, để giữ vững tinh thần hợp tác và tin tưởng lẫn nhau.

Dĩ nhiên giữa CERN và Mĩ vẫn luôn có những cuộc cạnh tranh tự nhiên và lành mạnh. Điều đó chẳng có gì không ổn - sự cạnh tranh giúp cho cả hai bên phải luôn nhanh nhạy, khôn ngoan và tìm tòi khám phá không ngừng. Đây luôn là một điều rất đáng quý cho cả hai bên.

Ngày nay Mĩ tham gia nhiều vào dự án LHC. Sự hợp tác bây giờ trở nên quan trọng hơn bao giờ hết vì vật lí hạt đang ở ngã ba đường. Tất cả các nhà vật lí hạt phải làm việc cùng nhau để thấy tương lai được đảm bảo. CERN đang đảm đương một vai trò quan trọng và tôi chắc chắn là CERN sẽ làm được.

Một vài thứ có thể dễ dàng bị bỏ qua. Thật là dễ để chấp nhận sự hợp tác và trao đổi hữu nghị - nhưng rất khó và ít khi sự hợp tác đem lại kết quả tốt. CERN đã và đang có thành công to lớn như vậy, tuy nhiên thành công này đôi khi không được đánh giá cao như những gì nó xứng đáng được hưởng.

Lion Alio

CÁC ĐỐI TÁC THỰC THỤ VÀ BÌNH ĐẲNG

Nicolas Koulberg

Từ năm 1966, Nicolas Koulberg là thông dịch viên và người kết nối CERN với các nhà khoa học Nga, cả ở Geneva và Liên Xô nơi máy gia tốc bia cố định được vận hành ở Serpukhov. Hiện nay, ông trở thành cố vấn cho Tổng Giám đốc về các mối quan hệ giữa CERN và Nga, Khối thịnh vượng các nhà nước độc lập, và nhiều nước phương Đông khác.

Tôi đã bắt đầu công việc tạm thời tại CERN trong khi đang làm luận án tiến sĩ về văn học Nga tại Đại học Geneva. Sau khi hoàn thành nghiên cứu của mình, tôi được mời làm thông dịch viên cho một số thí nghiệm hợp tác mới. Tôi dành 3 năm tiếp theo để giúp các chuyên gia Liên Xô tại Geneva và các nhà khoa học của CERN đã chuyển đến Serpukhov cùng gia đình họ. Họ sống trong những toà nhà nhiều tầng gần làng Protvino, nơi chúng tôi cố gắng bảo đảm các điều kiện sống được thoải mái nhất có thể và điều kiện làm việc chấp nhận được.

Vào thời điểm đó, tình hình chính trị Liên Xô rất khó khăn. Nhìn lại, tôi không hiểu làm thế nào chúng tôi đã thành công trong việc gửi những thiết bị phức tạp như vậy cho những thí nghiệm ở Nga, bao gồm cả hệ máy tính mạnh nhất vào thời đó. Vấn đề thứ hai là làm thế nào để nhà cầm quyền Thụy Sĩ chấp nhận việc hạ cánh của một máy bay quân sự Liên Xô. Đó là lần đầu tiên một máy bay kiểu đó được nhìn thấy ở phương Tây.

Các luật lệ đã rất phức tạp; bức màn sắt ngăn nước Nga với thế giới phương Tây, nhưng người Nga sớm nhận ra rằng họ không thể hợp tác mà không cởi mở hơn. Chúng tôi đã có bước tiến thực sự trong việc thuyết

phục những nhà cầm quyền là người Liên Xô được mời đến CERN để chia sẻ kiến thức - không hề có ý định do thám. Về hình thức, luật lệ vẫn được áp dụng, nhưng thực tế thì khác, không có sự cưỡng chế bắt buộc nào.

Những thí nghiệm chung đầu tiên không chỉ được thực hiện bởi riêng CERN mà còn với một số viện nghiên cứu khác ở Âu châu. Tất cả các nhà vật lí Âu châu đã tìm thấy cánh cửa mở thông qua CERN; họ có thể gặp gỡ với những nhà khoa học Nga, những người đến CERN trong các thập kỉ tiếp theo, cùng những đóng góp về trí tuệ, tài chính và thiết bị. Hợp tác CERN-Nga đã cho ra nhiều kết quả khoa học xuất sắc và trong đó có sự tham gia không chỉ của các viện nghiên cứu lớn mà cả của nhiều phòng thí nghiệm nhỏ khác nữa.

Các thí nghiệm đầu tiên chúng tôi thực hiện ở Nga rất cần thiết trong việc tìm hiểu được con người và phương cách làm việc của họ. Chúng tôi đã tìm thấy một tinh thần chung - làm khoa học và thu được kiến thức tốt hơn. Chỉ sau khi thiết lập được cơ sở chung này chúng tôi mới trở thành đối tác bình đẳng và thực thụ. Người Nga bây giờ đang tham gia vào tất cả các công đoạn của thí nghiệm: nguyên lí, thiết bị và phân tích. Nhiều nhóm đã tham gia từ 30 năm trước đến bây giờ vẫn tiếp tục làm việc cùng nhau. Nếu không có sự hiểu biết và quá trình tìm hiểu lẫn nhau lâu dài như vậy, sự cộng tác hiện tại, chẳng hạn như với LHC, có lẽ đã không thành hiện thực.

Lion Alio

MẢNH ĐẤT MÀU MỠ

Robert Cailliau

CERN là nơi khai sinh ra Mạng Thông Tin Toàn Cầu WWW. Nó bắt đầu với dự án của CERN mang tên ENQUIRE, đề xướng bởi Tim Berners-Lee vào năm 1989 và tới năm 1990 thì có thêm Robert Cailliau tham gia. Mục đích của dự án là giúp cho sự chia sẻ thông tin giữa các nhà nghiên cứu được thực hiện dễ dàng hơn. Website đầu tiên bắt đầu hoạt động online vào năm 1991. Ngày 30 tháng 4 năm 1993, CERN công bố mạng WWW miễn phí đối với tất cả mọi người. Sau đó, CERN trở thành trung tâm phát triển các dự án tính toán, điều phối mạng, bao gồm Enabling Grids cho E-sciencE (EGEE) và LHC Computing Grid (Mạng Lưới Tính Toán cho LHC). Đây cũng là nơi điều hành CERN Internet Exchange Point (CPIX), một trong hai điểm điều phối internet chính của Thụy Sĩ. Robert Cailliau là cộng tác viên đầu tiên của Tim Berners-Lee trong dự án WWW. Là một người phát triển mạng không mệt mỏi, ông đã tổ chức hàng loạt hội nghị về WWW và trở thành thành viên của Ủy ban Hội nghị từ năm 1994 đến năm 2004.

Ba mươi năm của tôi ở CERN thật tuyệt vời. Khi còn là một kĩ sư trẻ đang làm việc để cải thiện khả năng điều khiển các hệ kĩ thuật phức tạp, tôi đã nghe nói về CERN. Nhưng chỉ khi tôi đến đây lần đầu tiên vào năm 1974, tôi mới thật sự thấy được chiều sâu và quy mô của nó. Qua một dự án của CERN mà trường đại học của tôi tham gia, tôi được vào nhóm phát triển một trong những hệ thống hỗ trợ máy tính thú vị nhất mà tôi từng biết. Đó là vào những năm 1970, nhưng những gì mà chúng tôi đã xây dựng thì chỉ có thể mô tả bằng ngôn từ của ngày nay: chúng tôi đã có được

những màn hình nhạy xúc giác, giao diện đồ thị cho người dùng, các vi mã tự lan truyền trên mạng, truyền nhận thông điệp tức thời. Thật bất ngờ là CERN đã tạo ra mảnh đất màu mỡ cho việc hình thành WWW vào cuối những năm 1980.

Từ dự án ban đầu này tôi đã nhận ra một điều: chỉ cần cho mỗi người một bàn phím, một màn hình và kết nối chúng với mạng của CERN thì sẽ thu được những lợi ích lớn lao. Tất nhiên tôi không phải là người duy nhất nhìn thấy điều này, nhất là ở CERN, nơi chúng tôi luôn cập nhật về mọi thứ đang diễn ra trên hành tinh này. Đã có nhiều thử nghiệm để tạo ra thư viện điện tử có thể truy cập được như CERNDOC, NOTIS và vài hệ thống khác với những cái tên viết toàn chữ hoa.

Nhưng có ý tưởng là một việc, đưa nó vào thực tiễn là việc hoàn toàn khác. Và đó chính là đất dụng võ của Tim Berners-Lee. Tim có ý tưởng và mọi phương tiện để biến nó thành hiện thực. [...] Anh ấy đã biết rằng cần phải gọi phát kiến của mình là Mạng Thông Tin Toàn Cầu. Ngay cả trước khi nó được mở rộng ra bên ngoài các phòng thí nghiệm vật lí thì Tim cũng đã biết nó sẽ đi tới đâu.

Trong mười năm tiếp theo, Mạng đã chiếm toàn bộ cuộc sống của tôi, nhưng nó không tạo cảm giác như đang làm việc. Hiện nay, tôi đã chuyển sang làm công việc khác còn Tim vẫn đang miệt mài với Mạng. Tôi biết là tầm nhìn của anh ấy đã vượt ra ngoài giao thức một chiều đơn thuần của Mạng mà chúng ta có ngày nay. Tôi hi vọng một ngày nào đó chúng ta có thể nhìn thấy những thứ mà anh ấy đã có trong đầu từ tháng 5 năm 1990.

Nhìn lại, tôi thấy CERN quả là môi trường lí tưởng và có thể là duy nhất để Mạng khởi phát. Nó là sự pha trộn hợp lí giữa sự tự do học thuật, tạo điều kiện phát huy khả năng cá nhân và sự thực tế, và đó là nguồn gốc sinh ra thành công.

Trần Hương Lan

TRUNG TÂM LÍ THUYẾT Ở CERN

John Iliopoulos

John Iliopoulos là một nhà vật lí lí thuyết hạt nổi tiếng. Ông được biết tới nhiều nhất qua công trình dự đoán sự tồn tại của quark duyên, cùng với Luciano Maiani và Sheldon Glashow. Ông đã được trao giải thưởng uy tín Sakurai vào năm 1987 cho công trình này. Là một người cộng tác chặt chẽ với CERN trong nhiều năm, ông đã viết một bài viết tuyệt vời "Vật lí ở Trung tâm Lí thuyết của CERN" cho cuốn sách Lịch sử của CERN, *xuất bản năm 1993. Chúng tôi trích lại ở đây phần kết luận của bài viết này.*

CERN đã trải qua lịch sử 40 năm. Bốn mươi năm đã định hình những hiểu biết của chúng ta về thế giới vật lí. CERN đã đóng góp một phần không nhỏ vào sự hiểu biết này. Chúng ta có thể nhìn nhận những thành tựu của CERN từ hai góc độ: đầu tiên là từ mong muốn của những nhà sáng lập, đó là thúc đẩy Vật lí năng lượng cao ở các nước Tây Âu. Ở đây, tôi muốn nhấn mạnh vai trò của Phòng thí nghiệm như một trung tâm đào tạo các nhà Vật lí Âu châu. Thứ hai là nhìn từ góc độ thành tích nghiên cứu, sự đóng góp của CERN vào việc hình thành những kiến thức mới. Tôi xin phép phân tích riêng từng thành tựu của Trung tâm Lí thuyết.

Tôi đã có cơ hội để nhấn mạnh sự đóng góp của CERN vào công cuộc phục hưng Vật lí năng lượng cao của Âu châu. Tôi tin rằng, đối với Trung tâm Lí thuyết, đóng góp quan trọng nhất từ trước tới nay là chương trình viếng thăm (*visitor's program*) đa dạng. Không đâu trên thế giới này đạt

được tỉ số động năng trên khối lượng nghỉ[5] cao như thế. Chương trình này không chỉ cung cấp các vị trí post-doc cho nhiều thế hệ nhà lí thuyết trẻ, mà còn cho họ cơ hội gặp gỡ nhiều nhà vật lí có ảnh hưởng nhất đến từ Âu châu và Mĩ. Chính mật độ viếng thăm cao như thế khiến CERN trở thành một nơi hết sức đặc biệt. Tôi không biết ai, nếu như có ai đó, là người đã có công đưa ra chính sách cởi mở này, một chính sách đóng vai trò vô cùng quan trọng trong việc hoàn thiện sứ mệnh đào tạo của CERN. Tôi xin đưa một thống kê sơ bộ như sau: Tôi đã yêu cầu ba đồng nghiệp của tôi, một cách độc lập, kể tên 30 nhà vật lí lí thuyết năng lượng cao hàng đầu Âu châu có độ tuổi từ 40 tới 60. Kết quả là, các danh sách gần như đồng nhất. Trong số 36 nhà vật lí được nêu tên, tổng hợp từ cả ba danh sách, có 32 người đã từng làm việc ít nhất một năm ở CERN. Và quan trọng nhất, những cuộc viếng thăm đó diễn ra vào những năm tạo nên thành công sau này của họ.

Thành tích nghiên cứu khoa học của Trung tâm Lí thuyết ở CERN là nội dung của bài viết này. Như tôi đã từng nói, Trung tâm Lí thuyết đã công bố khoảng 7.000 bài báo. Tôi đã cố gắng nói về những bài báo mà tôi cho là quan trọng nhất. Tất cả những điều đó cho thấy gì? Các nhà sử học sẽ không ngạc nhiên khi phát hiện rằng, hiệu suất nghiên cứu của các nhà lí thuyết đã phát triển, song hành cùng các đồng nghiệp thực nghiệm của họ. Trong những năm 1950 và 1960, Mĩ rõ ràng đã thống trị trên toàn bộ lĩnh vực. Vai trò của Âu châu bắt đầu sau sự lớn mạnh của Mô hình Chuẩn. Các nhà lí thuyết của CERN thường bị than phiền vì đã không tham gia vào việc xây dựng Mô hình Chuẩn. Tôi cho rằng những chỉ trích đó là vô nghĩa. Tôi đã luôn cố chỉ ra rằng Mô hình Chuẩn đã được phát minh chủ yếu bởi nhiều cá nhân làm việc tương đối riêng rẽ. CERN đã không có cách nào để tuyển dụng được phần lớn trong số họ. Thực ra, hầu hết các viện nghiên cứu trên thế giới cũng đáng bị than phiền như vậy. Điều tôi thấy băn khoăn hơn là sai lầm của trung tâm trong việc phản ứng nhanh chóng sau phát minh này. Những cuộc cách mạng thường được thực hiện bởi một số ít.

[5] Tỉ số này tỉ lệ với (bình phương) tốc độ chuyển động, ở đây tác giả muốn nói tới tần suất viếng thăm của các nhà Vật lí - (ND).

Hầu hết các nhà lí thuyết của CERN đã chậm trễ trong việc nhận diện một cuộc cách mạng đang xảy ra. Sai lầm đầu tiên có thể là do không may. Sai lầm thứ hai cho thấy một định kiến nhất định trong các quyết định tuyển dụng. Lí do hiển nhiên là do hầu hết các thành viên quan trọng của trung tâm đã không quan tâm tới tương tác yếu và (vì thế) đã không tuyển dụng những nhà vật lí trẻ quan tâm tới lĩnh vực này. Sự mất cân đối này sau đó đã được sửa chữa. Sau những năm đầu thập kỉ 1970, toàn bộ Trung tâm nghiên cứu, cả các nhà vật lí lí thuyết và thực nghiệm, đã thường xuyên đóng vai trò dẫn đầu. Đối với các nhà lí thuyết, vai trò dẫn đầu đã được thể hiện qua cả nghiên cứu hiện tượng luận về Mô hình Chuẩn và qua việc đưa ra các khái niệm cơ bản mới. Những dấu mốc quan trọng trong hướng mở rộng Mô hình Chuẩn (beyond the Mô hình Chuẩn) là Lí thuyết thống nhất lớn (GUT), siêu đối xứng, siêu hấp dẫn và siêu dây. CERN đã đóng vai trò chủ đạo trong sự phát triển của siêu đối xứng và đóng vai trò vô cùng quan trọng trong sự phát triển ba lí thuyết kia. Dù rằng, các lí thuyết này vẫn còn là giả định, chúng đại diện cho những nỗ lực trong suốt 30 năm, 30 năm tìm cách thống nhất các tương tác của tự nhiên. Tôi không tin rằng đó sẽ là những hướng đi sai.

Đỗ Hoàng Sơn



CON TÀU TRONG CHAI

Marzio Nessi

Marzio Nessi bắt đầu tham gia vào vật lí máy gia tốc đối chùm ở CERN từ năm 1989 trong thí nghiệm UA2. Ông tham gia vào thí nghiệm ATLAS kể từ khi nó mới bắt đầu và nhanh chóng trở thành người phụ trách kĩ thuật của thí nghiệm. Báo cáo dưới đây được ông viết vào năm 2005 khi hệ đo của ATLAS đang trong quá trình lắp đặt.

Đầu những năm 1990, chúng tôi đã thiết kế, phác thảo mô hình thí nghiệm ATLAS và tới nay (năm 2005), sau khi vượt qua nhiều khó khăn, hệ đo ATLAS đang được tiến hành xây dựng, kiểm tra và lắp ráp. Ngay từ lúc bắt đầu, chúng tôi đã ý thức được rằng đây không phải là nhiệm vụ dễ dàng, những thách thức trong dự án này có thể lớn gấp 10 lần bất cứ dự án nào đã được giới khoa học thực hiện trước đây.

Dự án ATLAS được đề xuất vào đầu những năm 1990, và tới năm 1996 nó được Hội đồng của CERN thông qua và công việc xây dựng chính thức được bắt đầu. Chúng tôi đã tạo nên một cộng đồng nghiên cứu khoa học lớn nhất trong lịch sử với hơn 1.700 nhà khoa học từ 150 trường đại học và các phòng thí nghiệm quốc gia ở hơn 34 nước trên thế giới. Nhiều thiết bị đã và đang được chế tạo bởi các phòng thí nghiệm trên khắp thế giới, từ Brazil tới Nhật Bản, sau đó được đưa tới CERN để lắp ráp.

Hệ đo ATLAS được thiết kế để đảm bảo sự chính xác, tinh tế và có khả năng làm việc trong một thập kỉ mà không gặp phải sự cố nghiêm trọng nào. Nó là một cỗ máy siêu lớn và phức tạp với chiều dài 47 m, đường kính lên tới 25 m, nặng 7.000 tấn. Người ta cần xây một căn hầm có thể tích $55x30x30\ m^3$ để đặt nó dưới lòng đất.

Quá trình xây dựng ATLAS đã hoàn thành tương đối nhanh và việc lắp đặt bắt đầu vào tháng 6 năm 2003. Giống như việc đưa một con tàu vào trong chai, quá trình đưa các thiết bị xuống hầm ngầm và lắp ráp từng phần với nhau dưới lòng đất là một công việc phức tạp và rất dễ xảy ra hư hỏng, và nó đang được thực hiện với tốc độ tối đa. Trung bình mỗi ngày có khoảng 40-50 nhóm chuyên gia, kĩ sư, công nhân có mặt ở khu vực lắp ráp. Mặc dù có sự pha trộn rất nhiều ngôn ngữ khác nhau, từ tiếng Trung Quốc tới tiếng Armenia, nhưng hàng trăm con người vẫn làm việc cùng nhau với một thái độ hợp tác đáng ghi nhận. Tinh thần lao động hăng say tới mức họ không cần nói chuyện để hiểu nhau, và sự phấn khích trên công trường dường như không có điểm dừng. Chúng tôi đã tận mắt chứng kiến một ý tưởng được biến thành một cỗ máy khổng lồ dành cho vật lí hạt cơ bản trong thập kỉ tiếp theo. Tất cả công việc được hoàn thành vào mùa đông năm 2006. Mùa xuân năm 2007, ATLAS đã sẵn sàng để đón nhận những chùm hạt đầu tiên nhằm khám phá những bí ẩn của vật lí mới nằm ngoài những hiểu biết của chúng ta trong lĩnh vực năng lượng cao.

Nguyễn Hồng Vân - Nguyễn Công Kiên

PAKISTAN VÀ CERN

Hafeez Hoorani

Hafeez Hoorani, nhà vật lí hạt người Pakistani, đến CERN lần đầu vào năm 1989 để làm việc trong dự án LEP. Ông là giáo sư ở Trung tâm Vật lí Quốc gia, Đại học Quaid-i-Azam tại Islamabad, nơi ông lãnh đạo một nhóm xây dựng các buồng muon cho hệ đo CMS. Ông cũng là giám đốc Trung tâm Quốc tế Synchrotron-Light cho các ứng dụng khoa học thực nghiệm tại Trung Đông (SESAME).

Tôi tới CERN vào năm 1989, khi mọi người đang rất phấn khích vì LEP đã được vận hành. Đối với tôi, đây là một trải nghiệm khác xa với những năm tháng mà tôi ở Bắc Mĩ, một vùng thuần nhất, nơi mọi người đều nói tiếng Anh. Trái lại, CERN là một tổ chức đa văn hóa và đa sắc tộc. Thật dễ dàng khi làm việc tại Âu châu, một môi trường cởi mở và sẵn sàng đón nhận những con người với nhận thức và văn hóa khác nhau. Và tinh thần này của Âu châu đã đến với CERN.

CERN là một trải nghiệm thực sự đặc biệt, ở đó có sự đóng góp của rất nhiều người. Nó giống với việc nấu ăn, khi thì người này mang đến bánh mì, người kia mang bơ, người khác có món đậu... Ở CERN, mọi người cũng mang đến những thứ khác nhau, họ bàn luận và tranh cãi, nhưng cuối cùng họ thực sự đã xây dựng một hệ đo vận hành được. Điều đó thật thú vị, tôi chưa từng có trải nghiệm nào như thế. Mục đích cuối cùng là định hướng tri thức thuần túy Vật lí cơ bản thật là đẹp!

Công việc của tôi ở đây về mặt khoa học đã rất phong phú, nhưng về mặt văn hóa thì còn hơn thế nữa. Tôi trở thành một nhà khoa học tốt hơn, đồng thời cũng trở thành một con người tốt hơn. Bây giờ, tôi đã quen với

các giọng nói khác nhau, phong cách sống khác nhau, và tôi cởi mở với mọi người hơn hẳn 15 năm trước.

Khi mới đến CERN, tôi làm việc chủ yếu về vấn đề kĩ thuật, nhưng dần dần tôi bị cuốn vào công việc điều hành. Năm 1999, tôi trở về Pakistan để lập một đội ngũ làm việc về một số vấn đề khác nhau của dự án LHC. Tại đây, tôi phải thuyết phục các đồng nghiệp và chính phủ hợp tác với CERN, đó là một việc rất khó vì không ai nghĩ khoa học với Thụy Sĩ có gì liên quan. Người ta biết đến Thụy Sĩ như một nơi để du lịch, với những chiếc đồng hồ và địa điểm tham quan đẹp.

Nói vậy nhưng Pakistan cũng từng có liên hệ với CERN thông qua Abdus Salam, người đoạt giải Nobel khoa học duy nhất của Pakistan và là một trong những cha đẻ của Lí thuyết tương tác điện từ yếu. CERN được cộng đồng khoa học Pakistan biết đến từ năm 1973 qua việc tìm ra những dòng trung hòa dẫn đến giải Nobel cho Salam. Ngày nay, chúng tôi còn đóng góp nhiều hơn do có những sinh viên đã làm việc với Salam, những người vừa biết lí thuyết của ông, vừa có quan hệ với CERN, và những người đang giữ những cương vị có ảnh hưởng lớn trong chính phủ Pakistan. Họ đã giúp đỡ và thúc đẩy Pakistan tiến về phía hợp tác khoa học với CERN. Bây giờ mọi người đều biết có một tổ chức gọi là CERN. Phải mất một thời gian khá dài để giải thích về CERN, và tôi cũng phải đưa nhiều người đến đây để cho họ thấy CERN là như thế nào. Bây giờ có nhiều người ủng hộ chúng tôi, điều đó tạo cho chúng tôi hi vọng...

Trần Hương Lan

CERN:
MỘT TRẢI NGHIỆM ĐỘC NHẤT VÔ NHỊ

Egil Lillestøl

Egil Lillestøl, nhà vật lí hạt đến từ Đại học Bergen (Na Uy), đã có sự trải nghiệm trong một thời gian dài với tư cách là một người sử dụng những tiện ích của CERN và hiện đang tham gia vào một thí nghiệm của dự án LHC. Là đồng tác giả của cuốn sách The Search for Infinity *(Đi tìm sự vô cùng), ông đã dành nhiều thời gian cho việc phát triển khoa học với rất nhiều bài báo và tổ chức nhiều hội thảo hướng tới đông đảo công chúng. CERN hằng năm đón rất nhiều nhà khoa học đến thăm từ khắp nơi trên thế giới. Một số người có thể chỉ đến để tham dự hội thảo, trong khi những người khác có thể ở lại hàng tháng hoặc hàng năm để làm việc cho các thí nghiệm. Dòng khách đến thăm liên tục không chỉ đem đến những ý tưởng vật lí mới mà còn mang lại cho Trung tâm thí nghiệm sự pha trộn độc đáo các nền văn hóa khác nhau. Do các nền văn hóa hòa trộn vào nhau và những nhà khoa học thường xuyên đến rồi đi, việc trao đổi ý tưởng và luân chuyển nguồn lực là nhân tố quyết định làm cho CERN luôn "sống động". Quy mô lớn của các tổ hợp hợp tác quốc tế ở LHC dẫn tới những câu hỏi quan trọng về vai trò tương đối của CERN và của những nhà khoa học tham gia, và rộng hơn là về việc điều hành các dự án khoa học lớn. Ở đây, Egil Lillestøl bình luận về những chủ đề này và tập trung vào những câu hỏi chính liên quan tới khía cạnh xã hội của khoa học lớn và về các tổ chức hợp tác khoa học lớn.*

Khi đến thăm lần đầu, CERN tạo ấn tượng về một tổ hợp công nghiệp đồ sộ. Những tòa nhà nhấp nhô xung quanh những cỗ máy dùng để tạo ra

các hạt năng lượng cao. Chính nhà ăn là nơi mà các vị khách sẽ phát hiện ra hương vị của CERN. Xung quanh bàn ăn, những cuộc mạn đàm về lí thuyết bay bổng, những thí nghiệm phức tạp, và cả về những địa điểm trượt tuyết tốt nhất, diễn ra bằng khoảng nửa tá ngôn ngữ khác nhau trong đó nhiều nhất là một thứ tiếng Anh không chuẩn. Các nhà vật lí đến từ nhiều nước, mặc quần áo thuận tiện cho các công việc nặng nhọc, củng cố tình hữu nghị trong những bữa ăn vội vàng. Dần dần, mọi người đều quen với cảnh tượng đó và có xu hướng quên rằng không có nơi nào khác trên thế giới giống như CERN...

Mất hút trong đám đông?

Ngay cả ở những nước lớn cũng có nhiều nhóm nghiên cứu nhỏ thuộc các trường đại học. Liệu một nhà khoa học và một nhóm nhỏ có bị mất hút trong đám đông ở CERN? Hay là người ấy có thể có đóng góp đáng kể vào tổ hợp khổng lồ này?

Câu trả lời chắc chắn là theo chiều hướng tích cực: một ý tưởng thông minh cho một thí nghiệm có thể đến từ bất kì cá nhân nào, đến từ bất kì quốc gia nào. Việc chấp nhận hay bác bỏ những đề xuất đó chủ yếu được dựa trên những luận cứ khoa học.

Mặt khác, việc xây dựng, vận hành và phân tích của một thí nghiệm sẽ được thực hiện hiệu quả hơn trong một nhóm đông người có thể truy nhập dễ dàng vào các workshop, các công cụ tính toán và có đội ngũ hỗ trợ kĩ thuật trình độ cao. Về mặt này, các nhà vật lí chủ nhà của CERN có lợi thế hơn những người khách viếng thăm. Ngay cả những nhà vật lí của các nhóm nghiên cứu lớn của nhiều quốc gia đôi khi cũng thấy bị lu mờ bởi những nhóm mạnh nằm tại CERN, và điều đó dẫn đến những cuộc tranh luận sôi nổi.

Chia sẻ gánh nặng

Trong những năm đầu, vấn đề này được giải quyết với việc xây dựng những thí nghiệm chung đặt ở CERN và hầu như toàn bộ việc phân tích

số liệu có thể được thực hiện ở các viện chủ quản của những nhà khoa học tham gia thí nghiệm. Một ví dụ cổ điển là các thí nghiệm sử dụng buồng bọt, trong đó những hình ảnh ghi nhận ở CERN được phân tích ở viện chủ quản của các nhà khoa học.

Sau đó, với một vài thí nghiệm lớn dùng các hệ ghi đo điện tử, các nhà vật lí của CERN luôn cố gắng giữ vai trò chính. Nhưng về sau, do phải dành hầu hết ngân quỹ vào việc lắp đặt các máy gia tốc mới như Máy đối chùm electron-positron lớn LEP và bây giờ là LHC, đóng góp của CERN vào chi phí xây dựng và khai thác các hệ ghi đo lớn đã giảm đi, với LEP là 20%, và với LHC tỉ lệ còn nhỏ hơn. Phần còn lại được đóng góp bởi nhiều viện nghiên cứu khác nhau cùng tham gia vào thí nghiệm.

Theo một nghĩa nào đó, chúng tôi muốn CERN giữ vai trò chủ đạo để có thể thu hút các nhà vật lí và kĩ sư giỏi từ khắp thế giới. Việc đó được thực hiện nhờ chất lượng nghiên cứu được tiến hành ở CERN và bằng sự góp mặt thường xuyên của nhiều nhà vật lí đến từ các quốc gia thành viên của CERN và bây giờ là từ những nước khác nữa.

Các nhà vật lí từ khắp Âu châu có thể ở trong sự gắn kết nghiên cứu toàn cầu tốt nhất, và thậm chí có thể tác động đến sự phát triển của nó. Chúng ta đang sát cánh với những người đoạt giải Nobel của Âu châu và Mĩ cũng như với những nhà vật lí của Trung Quốc và Nga.

Những dự án toàn cầu

Thiện ý hợp tác quốc tế thực sự rất tốt, nhưng khi một thí nghiệm được phân chia và thực hiện bởi nhiều cơ sở trải rộng khắp Âu châu và các châu lục khác thì hiệu quả phối hợp là tối cần thiết.

Hãy lấy một ví dụ: ATLAS, một trong những thí nghiệm chủ đạo của LHC. Một số lượng lớn thiết bị ghi đo hạt được ghép nối thành một tổ hợp với tổng trọng lượng 7.000 tấn. Đây là một trong những nỗ lực hợp tác lớn nhất trong lĩnh vực vật lí.

ATLAS có 1.800 nhà vật lí (gồm cả 400 nghiên cứu sinh) đến từ hơn 150 trường đại học và phòng thí nghiệm của 35 quốc gia: Argentina, Armenia,

Australia, Austria, Azerbaijan, Belarus, Brazil, Canada, Trung Quốc, Cộng hòa Czech, Đan Mạch, Pháp, Georgia, Đức, Hi Lạp, Israel, Ý, Nhật, Ma Rốc, Hà Lan, Na Uy, Ba Lan, Bồ Đào Nha, Romania, Nga, Serbia, Slovakia, Slovenia, Tây Ban Nha, Thụy Điển, Thụy Sĩ, Đài Loan, Thổ Nhĩ Kì, Anh, Mĩ, CERN và JINR.

Và những nhà vật lí tham gia được hỗ trợ bởi một lực lượng đông đảo các kĩ sư và kĩ thuật viên lành nghề. Điều này rõ ràng đòi hỏi phải có sự tổ chức chặt chẽ trong khi vẫn tạo điều kiện để mỗi người có thể bày tỏ quan điểm của mình.

Phổ biến kiến thức

Việc ngày càng nhiều thiết bị của hệ đo được phát triển, thử nghiệm và lắp đặt bởi các nhóm bên ngoài CERN là một điều tuyệt vời đối với các trường đại học, bởi vì việc giảng dạy và nâng cấp thiết bị đo có thể phối hợp với nhau.

Các nhà khoa học ở trường đại học có thể dành thời gian nhiều hơn tại cơ sở của mình, và có thể thu hút nhiều sinh viên làm việc với công nghệ tiên tiến. Khi những nhà sản xuất cũng tham gia vào việc phát triển hay sản xuất hàng loạt các chi tiết, sự liên kết giữa ngành công nghiệp với các nhóm nghiên cứu và với CERN sẽ hình thành và được củng cố.

Những thí nghiệm lớn cũng tạo ra sự cộng tác giữa các nền công nghiệp của các nước, dẫn tới sự hình thành các mạng lưới và kích thích sự tiến bộ công nghệ ở Âu châu. Ngoài ra, sinh viên có thể thu nhận được những kiến thức đầu tiên về ngành công nghiệp, và có thể rời bỏ nhóm nghiên cứu để tham gia vào lĩnh vực công nghiệp. Điều đó tốt cho ngành công nghiệp mặc dù sự ra đi của những cộng tác viên trẻ xuất sắc có thể là tổn thất lớn đối với các nhóm nghiên cứu. Những nghiên cứu sinh sắp tốt nghiệp đang giúp thực hiện thí nghiệm ở CERN thực sự rất may mắn. Bên cạnh việc giải quyết một số câu hỏi bí ẩn trong khoa học, họ còn tích lũy được những kinh nghiệm quý báu trong việc xử lí vô số những vấn đề kĩ thuật, học cách làm việc trong môi trường đa quốc gia và thường biết thêm một vài ngoại ngữ

khác. Tuy nhiên, nhiều sinh viên đã rời đi trước khi thí nghiệm được hoàn thành.

Chặng đường dài

Những thí nghiệm lớn ở LEP và bây giờ là ở LHC nhìn chung có thời gian hoạt động tương đối dài. Người ta đã cần đến gần 10 năm để phát triển, lập kế hoạch, thiết kế, chế tạo, và cuối cùng là lắp ráp các phần lại với nhau để hệ đo sẵn sàng hoạt động và ghi nhận số liệu vào năm 2007, và người ta trông đợi các thí nghiệm LHC sẽ được tiến hành trong khoảng 10 đến 15 năm...

Khi một thí nghiệm thực hiện trong một thời gian dài như vậy, sẽ có một số điểm bất lợi. Ở giai đoạn lắp đặt, trọng tâm đặt vào công nghệ, còn ở giai đoạn vận hành thì việc xử lí số liệu và phân tích các kết quả vật lí chiếm ưu thế. Tuy nhiên, khi phát triển thiết bị đo cũng có nhiều vấn đề vật lí hay, hơn nữa, các nhà vật lí dành nhiều thời gian tìm kiếm những ý tưởng lí thuyết mới của vật lí hạt hay để tối ưu hóa các thiết bị đo nhằm kiểm nghiệm những ý tưởng đó, và có thể tạo ra những phát minh quan trọng!

Con đường gập ghềnh?

Tại CERN tất nhiên cũng có cả các vấn đề về con người. Quy mô của tổ hợp làm việc tại CERN tạo thêm những khía cạnh mới cho cuộc sống của các nhà vật lí, những người đôi khi có thể cảm thấy họ đang tham gia vào cả một thí nghiệm xã hội học. Nhiều nhà nghiên cứu thấy khó thích nghi với những đòi hỏi của một tổ hợp khổng lồ.

Không phải lúc nào cũng dễ dàng để chấp nhận rằng một ý tưởng mới xuất sắc của ai đó về một thiết bị đo cải tiến lại không được thực thi chỉ vì thiếu tiền hoặc thời gian, hoặc cả tổ hợp nghiên cứu có thể đi đến quyết định trái ngược với mong muốn của một cá nhân hoặc một nhóm.

Từ các cuộc tranh luận, những người tham gia tích lũy được kinh nghiệm vượt ra ngoài phạm vi khoa học. Chẳng hạn, họ nhận ra rằng một

số lí luận có thể mang ý nghĩa khác khi được trình bày bởi những nhà vật lí đến từ những quốc gia khác nhau, và rằng những thói quen làm việc và những ưu tiên thay đổi từ nước này sang nước khác.

Trong một môi trường hợp tác đa sắc tộc như vậy, những quan hệ bè bạn kéo dài suốt đời được hình thành vượt ra ngoài biên giới quốc gia, và việc quan sát những nền tảng văn hóa và chính trị của những người tham gia dẫn đến sự hiểu biết về điểm mạnh và điểm yếu của họ.

Khoa học vượt biên giới

CERN nói chung và các thí nghiệm lớn nói riêng, thu hút rất nhiều người với nền tảng nhận thức và mối quan tâm khác nhau. Liệu như vậy có phải là cách làm việc hiệu quả nhất không? Chắc chắn là chúng ta có thể chỉ ra những trường hợp mà trong đó CERN đã hoạt động hữu hiệu hơn.

Công việc quan trọng nhất trong vật lí là tìm những ý tưởng mới, và những ý tưởng như vậy sẽ được sinh ra trong các cuộc tranh luận nghiêm túc, trong đó những người với những nền tảng văn hóa khác nhau nhìn vấn đề theo những cách không ngờ đến. Các ý tưởng mới là rất cần thiết để nâng tầm tri thức. Vì vậy, không có lí do gì để ngạc nhiên rằng Âu châu, thông qua CERN, đã từng bước trở lại vai trò lãnh đạo trong vật lí cơ bản giống như trước Thế chiến thứ II.

Các định luật tự nhiên gần như là bộ phận duy nhất của văn hóa loài người ít nhiều được an toàn đối với những sự khác biệt về tư tưởng, và những con người từ khắp nơi trên thế giới cùng nhau làm việc tại CERN vì mục tiêu chung: hiểu biết sâu sắc hơn về thế giới vật chất.

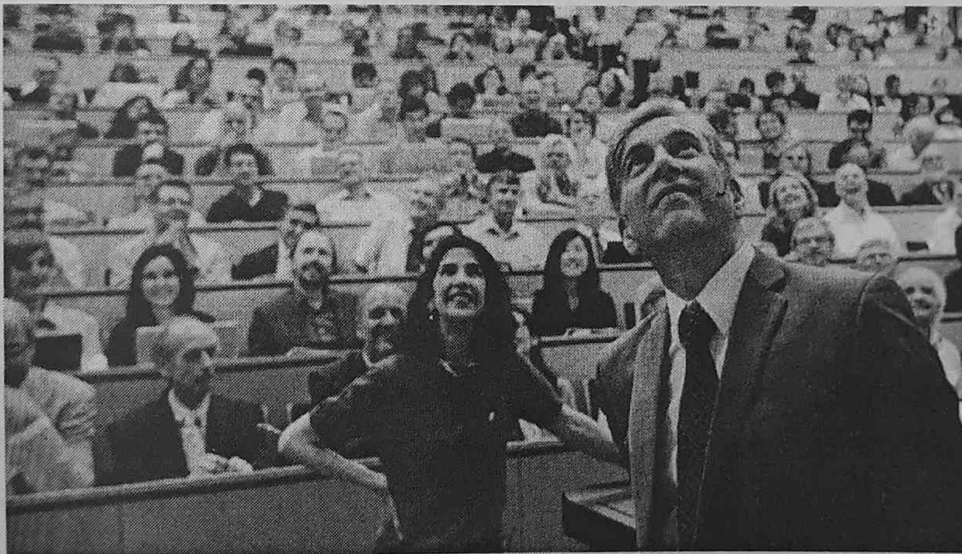
Điều này có thể còn quan trọng hơn cả những phát minh trong vật lí, nếu sự hợp tác quốc tế như vậy giúp tạo ra những mối quan hệ tốt hơn giữa các dân tộc, và giữ cho thế giới tránh được các mối nguy đang đe dọa sự tồn tại của nền văn minh đang nuôi dưỡng nền khoa học của chúng ta. Theo nghĩa đó, những phòng ăn đa ngữ ở CERN dường như cũng quan trọng như những máy gia tốc hạt vậy.

Trần Hương Lan

Chương 3

HÀNH TRÌNH TÌM KIẾM BOSON HIGGS

Chúng tôi sao chép dưới đây, với sự cho phép của các tác giả, một bài báo được viết gần đây bởi những người phát ngôn đầu tiên của thí nghiệm ATLAS và CMS. Bài viết tổng hợp một cách tuyệt vời tất cả các khía cạnh của phát hiện này mà không cần phải giới thiệu hay nhận xét thêm.



Fabiola Gianotti (ATLAS) và Joe Incandela (CMS), những người phát ngôn của thí nghiệm ATLAS và CMS sau khi trình bày những kết quả đáng trân trọng của họ tại CERN vào ngày 4 tháng 7 năm 2012. Hai người đang nhìn lên màn hình hiển thị những đồng nghiệp đang tham dự Hội nghị Vật lí hạt được tổ chức tại Melbourne nơi buổi báo cáo kết quả này được truyền trực tiếp.

HÀNH TRÌNH TÌM KIẾM HẠT BOSON HIGGS: THÍ NGHIỆM ATLAS VÀ CMS TẠI MÁY GIA TỐC ĐỐI CHÙM HADRON

M. Della Negra (CMS), P. Jenni (ATLAS) và T.S. Virdee (CMS)

1. Giới thiệu

Một trong những thành tựu đáng ghi nhận của khoa học thế kỉ 20 là việc khám phá ra rằng một số lượng lớn các hiện tượng tự nhiên đặc trưng cho thế giới xung quanh ta có thể được mô tả bằng các nguyên tắc rất đơn giản và đẹp đẽ. Mô hình Chuẩn của vật lí hạt được xây dựng dựa trên các nguyên tắc này. Mô hình Chuẩn bao gồm các quark và lepton được xem như là các yếu tố cơ sở cấu tạo nên vật chất, và mô tả tương tác của chúng thông qua việc trao đổi các hạt truyền lực: đó là photon đối với tương tác điện từ, các boson W và Z đối với tương tác yếu, và gluon đối với tương tác mạnh. Tương tác điện từ và tương tác yếu được thống nhất trong lí thuyết điện từ yếu [1, 2, 3].

Mô hình Chuẩn đã được kiểm chứng bởi nhiều thí nghiệm trong suốt 4 thập kỉ qua và được chứng tỏ là mô tả thành công các tương tác hạt năng lượng cao. Mặc dù đã có những thành công đáng kinh ngạc, Mô hình Chuẩn vẫn chưa phải là hoàn chỉnh vì còn nhiều câu hỏi chưa có lời giải đáp, trước tiên là về nguồn gốc của khối lượng các hạt. Cách đơn giản và thuận tiện nhất để xây dựng Mô hình Chuẩn là coi tất cả các hạt đều không có khối lượng. Tuy nhiên, chúng ta biết điều này là không đúng sự thật, nếu không chúng ta đã không tồn tại. Câu hỏi về nguồn gốc của khối lượng tương tự câu hỏi đặt ra trong lí thuyết điện-yếu thống nhất: tại sao photon

là hạt hoàn toàn không có khối lượng trong khi các anh em họ gần của nó là boson *W* và *Z* có khối lượng gấp khoảng 100 lần khối lượng của proton? Để tạo ra khối lượng, đối xứng điện-yếu chuẩn phải bị phá vỡ bằng một cách nào đó. Gần 50 năm trước, một cơ chế cho sự phá vỡ đối xứng này đã được đề xuất [4-9] liên quan đến trường lượng tử vô hướng tràn ngập toàn bộ vũ trụ. Nó đã được tiếp tục đề xuất rằng, ngoài việc truyền khối lượng cho boson *W* và *Z*, trường này cũng truyền khối lượng cho các quark và lepton, tất cả đều tỉ lệ với mức độ tương tác của chúng với trường này. Lượng tử của trường này được gọi là boson Higgs; việc phát hiện ra boson này sẽ chứng tỏ sự tồn tại của trường và dẫn đến một bước tiến mang tính chất cách mạng trong sự hiểu biết của chúng ta về hoạt động của tự nhiên ở cấp độ cơ bản nhất. Giải thích cơ chế tạo ra khối lượng này là một trong những mục tiêu khoa học chính của máy gia tốc đối chùm hadron (LHC).

Khối lượng của boson Higgs (m_H) không được dự đoán bởi lí thuyết. Dưới giá trị m_H=600 GeV, những cuộc tìm kiếm trực tiếp trước đây tại LEP, Tevatron và LHC đã không thể loại trừ vùng khối lượng từ 114 GeV đến 130 GeV [10-13]. Hơn nữa, vào tháng 12 năm 2011, các thí nghiệm ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS) và CMS (Compact Muon Solenoid) báo cáo có sự vượt trội số lượng sự kiện xung quanh giá trị khối lượng 125 GeV [12, 13]. Gần đây, các thí nghiệm Tevatron, CDF và D0 cũng báo cáo một sự vượt trội các sự kiện trong khoảng 120-135 GeV [14]. Tháng 7 năm 2012, việc phát hiện ra một boson nặng mới với khối lượng khoảng 125 GeV được công bố tại CERN bởi hai thí nghiệm ATLAS và CMS [15, 16].

2. Thách thức trong thiết kế

Vào những năm 1980, người ta đã xác định rõ rằng cần phải có các máy gia tốc mới để có thể đạt tới những mức năng lượng cao hơn so với những mức năng lượng đã cho phép phát hiện ra nhiều hạt hạ nguyên tử trong Mô hình Chuẩn. Một số ý tưởng đã được thảo luận sôi nổi về các máy gia tốc và các hệ đo có khả năng trả lời những câu hỏi vẫn còn bỏ ngỏ của vật lí hạt, thường được diễn giải là "những điều chưa biết đã được biết

đến" (*known unknowns*), và để khám phá vật lí mới ngoài Mô hình Chuẩn, "những điều chưa biết chưa được biết". Tìm kiếm boson Higgs rõ ràng là một ưu tiên trong danh mục thứ nhất và được cho là một thử thách lớn.

Máy gia tốc được ủng hộ tại CERN là một máy đối chùm proton-proton (pp) hoạt động với năng lượng khối tâm khoảng 15 TeV, với một tỉ lệ va chạm pp tức thời cỡ 800 triệu/s. Máy gia tốc mới được đề xuất xây dựng trong đường hầm dưới lòng đất sẵn có của máy gia tốc đối chùm electron positron lớn (LEP). Do bán kính của đường hầm là cố định, năng lượng sẽ bị giới hạn bởi giá trị từ trường của nam châm chỉnh hướng. Máy gia tốc này đã trở thành máy gia tốc đối chùm hadron (LHC) [17]. LHC có thể đạt được năng lượng cao hơn một bậc so với máy gia tốc mạnh nhất vào thời điểm đó, và cho phép tạo ra boson Higgs với khối lượng lên đến 1.000 GeV. LHC đã được phê duyệt vào năm 1994 và bắt đầu xây dựng vào năm 1998. Thách thức chính là xây dựng khoảng 1.200 lưỡng cực siêu dẫn chiều dài 15 m nhằm đạt được từ trường ~ 8,5 Tesla dùng để dẫn các proton trong đường hầm với chu vi định trước là 27 km. Một nỗ lực khác đồng thời nhằm xây dựng một máy gia tốc có thể đạt đến năng lượng thậm chí còn cao hơn với Siêu đối chùm siêu dẫn (SSC) ở Texas vào cuối những năm 1980, nhưng dự án đã bị hủy bỏ vào năm 1993 trong giai đoạn đầu của quá trình xây dựng.

Tốc độ tạo hạt dự đoán, $L\sigma$ (trong đó L là cường độ dòng hạt được đo bằng đơn vị $cm^{-2}s^{-1}$ và σ là tiết diện tương tác đo bằng đơn vị cm^2) và độ rộng tự nhiên $\Gamma = \hbar/\tau$ (trong đó τ là thời gian sống) của boson Higgs theo Mô hình Chuẩn (boson Higgs SM) biến thiên rất lớn trong phạm vi khối lượng cho phép (100-1.000 GeV). Sau khi được tạo ra, boson Higgs phân hủy ngay lập tức theo một trong nhiều cách khác nhau (các kênh phân rã) thành các hạt đã biết của Mô hình Chuẩn tùy thuộc vào khối lượng của nó. Việc tìm kiếm phải được thực hiện trên một phạm vi khối lượng rộng với các kiểu phân rã khác nhau: thành cặp photon, boson Z, boson W, lepton τ, và quark b. Boson Higgs giả định của Mô hình Chuẩn không những hiếm khi được tạo ra trong va chạm proton, mà còn hiếm khi phân rã thành các hạt có dấu hiệu nhận dạng tốt nhất tại LHC như: photon, electron và muon. Khi những hạt này xuất hiện trực tiếp từ phân rã, chúng không có

bất kì năng lượng liên kết bổ sung làm biến dạng hình nón mà chúng tạo ra dọc theo đường đi. Các hạt như vậy được gọi là hạt "cô lập". Độ hiếm được thể hiện ở thực tế rằng việc tạo boson Higgs và phân hủy thành một dấu hiệu có thể phân biệt như vậy chỉ xảy ra cỡ 1 lần trên 10.000 tỉ va chạm pp. Điều này đồng nghĩa với việc phải nghiên cứu một số lượng lớn va chạm pp xảy ra trong mỗi giây, hiện tại con số này là khoảng 600 triệu va chạm mỗi giây, tương ứng với cường độ hạt tức thời là 7×10^{33} cm^{-2}s^{-1}. Do đó các hệ đo của ATLAS và CMS phải hoạt động trong môi trường khắc nghiệt tạo ra bởi tần suất va chạm pp rất lớn này.

Một câu nói phổ biến những năm cuối 1980 đến những năm đầu 1990 đã phản ánh thách thức ở phía trước: "Chúng tôi nghĩ rằng chúng ta biết làm thế nào để xây dựng một máy gia tốc đối chùm hadron năng lượng cao, cường độ dòng hạt lớn - nhưng chúng ta chưa có công nghệ để xây dựng hệ đo cho nó". Vai trò tìm kiếm boson Higgs tại LHC tác động đến thiết kế của các thí nghiệm ATLAS và CMS và những thách thức thực nghiệm liên quan đến việc vận hành ở tần suất va chạm tức thời cao được mô tả trong tài liệu tham khảo [18].

Tại khối lượng nhỏ hơn 140 GeV, boson Higgs SM được dự đoán là được tạo ra với độ phân tán (bề rộng tự nhiên) của giá trị khối lượng chỉ cỡ vài MeV, do đó bề rộng của bất kì đỉnh khối lượng nào quan sát được sẽ hoàn toàn bị chi phối bởi độ phân giải của thiết bị, điều này đặt ra những yêu cầu nghiêm ngặt cho các hệ đo. Các kiểu phân rã của boson Higgs được công nhận là có nhiều triển vọng nhất là phân rã thành hai photon, xảy ra vài lần trong 1.000 phân rã, và kiểu xảy ra ít thường xuyên hơn là thành một cặp boson Z mà sau đó đến lượt chúng phân hủy thành một cặp hai lepton có điện tích trái dấu (electron hay muon). Tuy nhiên, với một hệ đo đủ nhạy, các hạt này có thể được phát hiện và năng lượng của chúng có thể được xác định với độ chính xác đủ để có khả năng nhìn thấy một đỉnh hẹp (ở trên một phông nền) trong phân bố của khối lượng bất biến của các hạt phân rã (ví dụ như hai photon). Khối lượng bất biến của một hệ hạt là một đại lượng rút ra từ việc tổng hợp năng lượng và xung lượng từng hạt thành phần. Bảo toàn năng lượng và xung lượng đảm bảo

rằng khối lượng bất biến của hệ hạt bằng với khối lượng của các hạt ban đầu trước khi phân rã.

Các dấu hiệu nhận biết khác có thể liên quan với boson Higgs ở khối lượng lớn hơn. Hầu hết các dấu hiệu này bị che lấp bởi phông nền do đặc điểm của những tín hiệu này ít có sự khác biệt. Ví dụ, một trong những dấu hiệu này bao gồm các chùm hạt hẹp, được gọi là *"jet"*, do sự phân tách các quark. Chúng đại diện cho các trạng thái gần như cuối cùng của quá trình phân rã boson Higgs SM nhưng trong máy đối chùm hadron chúng bị áp đảo bởi số lượng lớn sản phẩm từ các quá trình Mô hình Chuẩn đã biết. Trong số các *jet* này, *jet* hình thành bởi quark *b* có quãng bay ngắn, nhỏ hơn 1 mm ở trong máy đo trước khi tan rã. Cuối cùng, các neutrino có thể được sinh ra, chúng là các lepton tương tác yếu trung hòa nên có thể thoát ra khỏi hệ đo mà không để lại dấu vết. Cân bằng năng lượng trong mặt phẳng ngang của các proton tham gia va chạm có vẻ như bị vi phạm vì năng lượng của các neutrino không thể đo lường, dẫn đến việc thiếu hụt năng lượng ngang (E_T^{miss}). Ví dụ, khi boson Higgs phân rã thành hai boson Z, một boson Z có thể phân hủy thành một cặp lepton mang điện và boson kia phân hủy thành một cặp neutrino, dẫn tới trạng thái cuối cùng có một cặp lepton tích điện trái và sự thiếu hụt năng lượng theo phương ngang lớn.

Trong mỗi lần giao nhau của các chùm proton, có khoảng 1.000 hạt tích điện từ khoảng 20 tương tác pp sinh ra ở khu vực tương tác. Điều này đòi hỏi phải có các thiết bị ghi nhận hạt với độ đáp ứng nhanh và độ phân giải thời gian cao. Để rút ngắn thời gian chiếm giữ trong mỗi kênh điện tử, cần phải có hàng chục triệu kênh, và chúng phải được đồng bộ để phân tách rõ ràng các cụm hạt khác nhau phát ra từ điểm tương tác sau mỗi 25 ns. Thông lượng rất lớn của các hạt phát ra từ khu vực tương tác dẫn đến cường độ bức xạ cao trong các thiết bị ghi nhận và các thiết bị điện tử đầu-cuối liên quan.

Các chùm hạt chạy ngược hướng nhau của LHC được tổ chức thành 2.808 bó bao gồm khoảng 10^{11} proton mỗi bó và cách nhau 25 ns (máy gia tốc LHC hiện đang hoạt động ở mức 50 ns với 1.380 bó), dẫn đến tốc độ va chạm ~ 40 MHz. Quá trình lựa chọn sự kiện "kích hoạt" phải giảm tốc độ này xuống ~ 0.5 kHz để tiện cho việc lưu trữ và phân tích số liệu chi tiết

tiếp theo. Các va chạm mới xảy ra trong mỗi lần các bó đối đầu nhau và khi đó quyết định kích hoạt phải được thực hiện. Một quyết định kích hoạt trong vòng 25 ns là điều không khả thi, nó phải mất khoảng 3 μs. Trong khoảng thời gian này, dữ liệu phải được lưu trữ trong các đường ống tích hợp vào các thiết bị điện tử (đầu-cuối) liên quan tới hầu hết 100 triệu kênh điện tử trong mỗi thí nghiệm. Quá trình lựa chọn sự kiện trực tiếp được tiến hành theo hai bước: bước đầu tiên làm giảm tốc độ từ ~ 40 MHz xuống tối đa là 100 kHz, và bao gồm bộ vi xử lí phần cứng sử dụng thông tin thô từ các thiết bị đo; sau khi nhận được một tín hiệu kích hoạt tích cực thì dữ liệu từ các sự kiện này được chuyển đến một khu xử lí, sử dụng các thuật toán xây dựng lại sự kiện, hoạt động trong thời gian thực, để giảm tần số sự kiện xuống khoảng 0,5 kHz trước khi dữ liệu lưu trữ. Hàng chục petabytes được tạo ra mỗi năm cho mỗi thí nghiệm được phân phối cho các nhà khoa học trên toàn thế giới, và việc xử lí lượng dữ liệu lớn như vậy đã thúc đẩy sự phát triển của hệ thống toàn cầu LHC Grid Computing (WLCG) [19].

3. Các thí nghiệm ATLAS và CMS

3.1 Tiến độ

Để thực hiện các mục tiêu vật lí, công nghệ đo mới phải được phát minh và hầu hết những công nghệ hiện thời phải được đẩy đến giới hạn cao nhất. Một số phương thức đo đã được đề xuất và hai phương thức bổ trợ nhau là ATLAS và CMS đã được lựa chọn vào năm 1993 sau khi được xem xét để tiến hành thiết kế chi tiết [20, 21]. Các thiết kế này đã được phát triển hoàn chỉnh, và tất cả các chi tiết đã được chế tạo mẫu và thử nghiệm trong nhiều năm trước khi khởi công xây dựng vào khoảng năm 1997. Tiến độ thực hiện LHC và các thí nghiệm ATLAS và CMS được đưa ra trong Bảng 1.

Bảng 1: Thời gian biểu của dự án LHC

1984	Hội thảo về xây dựng LHC trong đường hầm của LEP, Lausanne.
1987	Hội thảo về vật lí tại các máy gia tốc tương lai, La Thuile, Ý. "Ủy ban lập kế hoạch dài hạn" của Rubia đề xuất rằng LHC là sự lựa chọn đúng đắn cho tương lai của CERN.

1990	Hội thảo về LHC của Ủy ban châu Âu về máy gia tốc tương lai (ECFA), Aachen (thảo luận về vật lí, công nghệ và thiết kế cho các thí nghiệm LHC).
1992	Hội thảo chung về vật lí và hệ đo của LHC, Evian les Bains (4 thiết kế thí nghiệm có mục tiêu chung được trình bày cùng với hiệu suất khoa học của chúng).
1993	Ba thư thỏa ước được gửi đến Hội đồng bình duyệt của CERN (LHCC). ATLAS và CMS được lựa chọn để thực hiện bản đề xuất kĩ thuật chi tiết.
1994	Đề xuất kĩ thuật của ATLAS và CMS được phê duyệt.
1995	Máy gia tốc LHC được chấp thuận xây dựng.
1997	Chính thức chấp thuận cho ATLAS và CMS chuyển sang công đoạn xây dựng (chi phí vật liệu cỡ 475 MCHF).
1997	Thi công xây dựng (sau khi phê duyệt thiết kế kĩ thuật chi tiết của thiết bị hệ đo (nam châm, hệ xác định vết phía trong, calorimeters, hệ đo muon, hệ xác lập kích hoạt và thu thập dữ liệu)).
2000	Bắt đầu lắp ráp các thí nghiệm, máy gia tốc LEP được đóng cửa để dọn đường cho LHC.
2008	Các thí nghiệm ở LHC sẵn sàng cho va chạm pp. LHC bắt đầu hoạt động. Một sự cố xảy ra làm ngừng hoạt động của LHC.
2009	LHC hoạt động trở lại, va chạm pp đã được ghi bởi các hệ đo ở LHC.
2010	LHC cho đối chùm proton ở năng lượng cao (năng lượng khối tâm là 7 TeV).
2012	LHC hoạt động ở 8 TeV: khám phá ra hạt có tính chất như boson Higgs.

3.2 Các đặc tính chung của thiết kế thí nghiệm

Hình dạng điển hình của một máy đo đối chùm là một "hình trụ nhiều lớp" chứa bốn lớp chính. Khi một hạt phát ra từ va chạm bay ra ngoài, đầu tiên nó sẽ gặp hệ thống đo vết bên trong, được đặt trong một từ trường thống nhất, bao gồm một mảng các điểm ảnh (*pixel*) và hệ đo dạng sợi kích thước micro. Những thiết bị này đo chính xác quỹ đạo của các hạt mang điện chạy xoắn ốc và độ cong của đường đi của chúng, từ đó biết được xung lượng của chúng. Từ trường càng mạnh, độ cong của đường đi càng lớn thì độ chính xác của phép đo xung lượng càng cao. Năng lượng của các hạt được đo ở hai lớp tiếp theo của hệ đo là năng lượng kế (*calorimeter*)

đo thành phần điện từ (*em*) và năng lượng kế đo thành phần hadron. Electron và photon sẽ bị chặn lại bởi năng lượng kế điện từ, và các *jet* bị chặn bởi cả năng lượng kế điện từ và hadron. Các hạt duy nhất được biết là có thể xuyên qua năng lượng kế hadron là muon và neutrino. Các muon là hạt mang điện, được theo dõi trong các buồng muon chuyên dụng. Xung lượng của chúng cũng được đo từ độ cong của đường đi trong từ trường. Các neutrino thoát ra ngoài mà không bị phát hiện và chúng làm tăng E_T^{miss}.

ATLAS và CMS có thiết kế khác nhau nhưng bổ sung cho nhau [22, 23]. Khía cạnh quan trọng duy nhất của thiết kế tổng thể là sự lựa chọn cấu hình từ trường để đo muon. Hai cấu hình cơ bản là dạng hình ống hoặc hình xuyến, mà trong đó từ trường song song hoặc vuông góc với trục của chùm hạt. CMS có một ống cuộn chứa từ trường cao siêu dẫn (*solenoid*), với tỉ lệ chiều dài trên đường kính bên trong lớn; ATLAS có một hình xuyến lõi khí siêu dẫn (*toroid*). Đây là hai nam châm lớn nhất thuộc loại này, và chúng chứa năng lượng lưu trữ lên đến 3 GJ. Trong cả hai nam châm có một dòng ~ 20 kA chạy qua chất siêu dẫn. Ngoài ra, solenoid của CMS cung cấp từ trường cho hệ thống đo vết bên trong và ATLAS có một nam châm ống phụ để thực hiện chức năng tương tự.

Ở tốc độ va chạm lí thuyết, thông lượng hạt thay đổi từ 10^8 cm^{-2}s^{-1} ở bán kính r=4 cm, đến 2×10^6 ở bán kính r=50 cm, đòi hỏi các phần tử ghi nhận nhỏ (kênh) có kích thước điển hình thay đổi từ 100×100 μm^2 (*pixel*) cho đến 10 cm x 100 μm (sợi micro). Số lượng kênh càng nhiều, càng dễ dàng trong việc xác định quỹ đạo của tất cả các hạt tích điện được tạo ra. Trong thực tế, số lượng kênh bị giới hạn bởi chi phí cho các thiết bị điện tử liên quan, công suất chúng tiêu thụ (trong đó đòi hỏi chất lỏng làm mát) và bởi sự cần thiết phải giảm thiểu số lượng vật liệu ở phía trước năng lượng kế điện từ. Hệ đo vết bên trong, bao gồm các cảm biến silicon và *buồng khí sợi*, đã được thử thách để phát triển do yêu cầu hoạt động trong môi trường bức xạ khắc nghiệt, đặc biệt là khi gần với đường ống dẫn chùm. Thiết bị điện tử chịu bức xạ cứng gắn kết với mỗi phần tử, có chức năng quan trọng, cần phải được sắp xếp nhỏ gọn nhất, sử dụng vật liệu ít nhất có thể.

Vào đầu những năm 1990, chỉ có hai khả năng bổ trợ lẫn nhau dành cho các năng lượng kế điện từ để có thể hoạt động trong môi trường bức xạ cao và đủ nhạy để ghi nhận sự phân rã thành hai photon của boson Higgs SM ở khối lượng thấp: năng lượng kế lấy mẫu argon chì-lỏng được lựa chọn bởi ATLAS, và tinh thể nhấp nháy cô đặc nhạy hoàn toàn, được lựa chọn bởi CMS. Cả hai đều là những kĩ thuật mới, và từng loại đã được thử nghiệm và phát triển trong nhiều năm trước khi bắt đầu đưa vào sản xuất hàng loạt.

Các năng lượng kế hadron trong mỗi hệ đo đều tương tự nhau và dựa trên công nghệ đã biết: các lớp hấp thụ bằng sắt hoặc đồng xen kẽ mà ở trong đó các hạt tương tác tạo ra mưa rào các hạt thứ cấp, và các bản nhấp nháy xác định năng lượng của mưa rào hạt. Tổng lượng ánh sáng nhấp nháy phát ra, được đo bằng quang kế, tỉ lệ thuận với năng lượng hạt tới.

Các thiết bị đo muon sử dụng các công nghệ bổ sung lẫn nhau dựa trên buồng trôi khí và buồng dải âm cực, cung cấp phép đo vị trí chính xác (và trong thí nghiệm CMS, nó cũng cung cấp tín hiệu kích hoạt), và buồng khe mỏng và/hoặc buồng tấm điện trở cung cấp thông tin thời gian chính xác đồng thời cung cấp tín hiệu kích hoạt nhanh.

Các thiết bị điện tử của hệ đo phần lớn được sản xuất với công nghệ chịu bức xạ cứng, chiếm một phần đáng kể chi phí nguyên vật liệu của các thí nghiệm ở LHC. Yêu cầu về khả năng chịu bức xạ cường độ cao như vậy trước đây chỉ thấy ở các ứng dụng quân sự và vũ trụ.

Việc chế tạo các bộ phận khác nhau của các hệ đo diễn ra trong khoảng 10 năm tại các trường đại học, phòng thí nghiệm và nhà máy, sau đó chúng đã được gửi đến CERN tại Geneva. Bài viết này chỉ có thể diễn tả phần nào những thách thức công nghệ đã phải vượt qua trong suốt quá trình phát triển, xây dựng, lắp đặt tất cả các thành phần trong đường ngầm lớn. Tất cả các chi tiết của hệ đo được kết nối với các thiết bị điện tử bên ngoài, và đưa dữ liệu vào các máy tính, đặt trong một hành lang phụ trợ bên cạnh. Mỗi thí nghiệm có hơn 50.000 dây cáp với tổng chiều dài trên 3.000 km, và hơn 10.000 ống dẫn và đường ống phụ trợ (làm mát, thông gió, điện, truyền dẫn tín hiệu, v.v.). Việc truy cập để sửa chữa bất kì sai sót đáng kể nào hoặc kết nối sai, nằm bên trong thí nghiệm, đòi hỏi hàng tháng chỉ để mở thiết bị thí

nghiệm ra. Do đó, hệ thống phải đạt mức cao về độ tin cậy hoạt động lâu dài, như thường được gắn với các hệ thống hoạt động ngoài không gian.

Cộng đồng nghiên cứu ATLAS và CMS đều tăng từ con số tương đối nhỏ tới con số hiện nay là hơn 3.000 nhà khoa học và kĩ sư từ khoảng 180 tổ chức nghiên cứu của khoảng 40 nước.

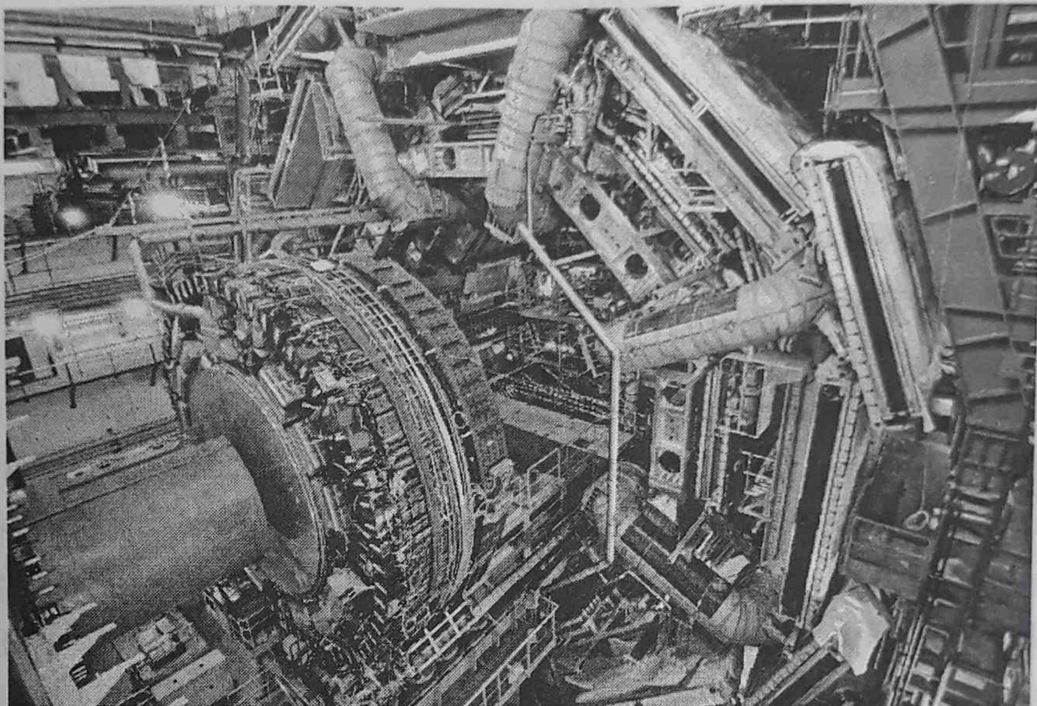
3.3 Thiết kế của thí nghiệm ATLAS

Thiết kế của hệ đo ATLAS [22] dựa trên một hệ thống mới đầy thử thách là hệ thống nam châm hình xuyến lõi không khí siêu dẫn (toroid), chứa khoảng 80 km cáp siêu dẫn trong tám cuộn dây riêng biệt (mỗi cuộn kích thước 25×5 m^2 trong hình dạng "đường đua") và hai hệ thống hình xuyến lắp ở hai đầu. Một từ trường ~ 0,5 Tesla được tạo ra trong một phạm vi rộng. Các toroid được bổ trợ bởi một nam châm ống (solenoid) nhỏ hơn (đường kính 2,5 m, chiều dài 6 m) đặt ở tâm, cung cấp một từ trường 2 Tesla.

Hệ đo bao gồm một năng lượng kế điện từ được bổ sung bởi một năng lượng kế hadron bao phủ toàn bộ để ghi nhận các *jet* và đo E_T^{miss}. Năng lượng kế điện từ là một năng lượng kế lấy mẫu dùng argon lỏng và các bản chì trong cấu hình sắp xếp mới cho phép lọc hạt, theo cả chiều ngang và theo chiều sâu, bao phủ toàn bộ không bỏ bất kì khu vực không chứa thiết bị nào. Năng lượng kế hadron lấy mẫu dùng nhấp nháy dẻo và các bản sắt, cũng với cấu hình mới, được sử dụng trong thí nghiệm. Năng lượng kế hadron dùng argon lỏng được lắp đặt ở khu vực đầu-cuối gần trục chùm hạt. Các năng lượng kế điện từ và hadron có tương ứng là 200.000 và 10.000 phần tử, nằm ở khu vực gần như không có từ trường ở giữa các toroid và solenoid. Chúng xác định đồng thời phân bố theo chiều dọc và chiều ngang một cách chính xác.

Xung lượng của các muon có thể được đo chính xác khi chúng bay không bị nhiễu loạn quãng đường hơn ~ 5 m trong từ trường của toroid lõi khí. Khoảng 1.200 buồng muon lớn với các hình dạng khác nhau, với tổng diện tích 5.000 m^2, đo vị trí tiếp xúc với độ chính xác hơn 0,1 mm. Một tập hợp khác gồm khoảng 4.200 buồng đo nhanh được sử dụng để cung cấp các "kích hoạt". Các buồng đo được làm bởi khoảng 20 viện nghiên cứu

cộng tác ở ba châu lục khác nhau. Đây cũng là đặc điểm chung cho các bộ phận khác của thí nghiệm.



Hình 1. Bức ảnh của một đầu của thùng đo ATLAS với năng lượng kế bên vẫn đang bị thu lại trước khi chèn vào cấu trúc nam châm toroid (tháng 2 năm 2007 trong giai đoạn lắp đặt).

Việc xác định lại tất cả các hạt tích điện, bao gồm các đỉnh có vị trí không xác định, được thực hiện ở thiết bị đo bên trong. Thiết bị này kết hợp các điểm ảnh độ mịn cao (các phần tử kích thước $50 \times 400\ \mu m$ làm thành 80 triệu kênh) và các cảm biến bán dẫn silicon sợi micro (các phần tử kích thước 13 cm x 80 μm tạo ra 6 triệu kênh) nằm gần với trục chùm tia, và hệ đo khí dạng "ống" (350.000 kênh) cung cấp khoảng 30 đến 40 tín hiệu cho mỗi vết hạt. Hệ đo khí cũng giúp ích trong việc xác định các electron bằng cách sử dụng thông tin từ hiệu ứng của bức xạ chuyển đổi.

Hệ thống nam châm lõi khí cho phép một cấu trúc tổng thể tương đối nhẹ với trọng lượng hệ đo khoảng 7.000 tấn. Phổ kế muon xác định kích thước tổng thể của hệ đo ở ATLAS: đường kính 22 m và chiều dài 46 m. Với kích thước và cấu trúc như vậy hệ đo ATLAS đã được lắp ráp trực tiếp trong hầm dưới lòng đất. Hình 1 cho thấy một đầu của hệ đo hình trụ sau quá

trình khoảng bốn năm lắp đặt và một năm rưỡi trước khi hoàn thành. Đầu của bốn cuộn toroid minh họa cho cấu trúc đối xứng tám nhánh của hệ.

3.4 Thiết kế của thí nghiệm CMS

Thiết kế của hệ đo CMS [23] dựa trên một nam châm điện từ trường cao siêu dẫn, nó đạt được giá trị thiết kế 4 Tesla lần đầu tiên vào năm 2006.

Thiết kế CMS đầu tiên được tối ưu hóa để phát hiện muon từ phân rã $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4\ m$. Để xác định các hạt muon và đo xung lượng của chúng, khu vực tương tác hệ đo CMS được bao quanh với các vật liệu đủ để hấp thụ, tương đương với khoảng 2 m sắt, để ngăn chặn tất cả các hạt đã được tạo ra trừ muon và neutrino. Muon có quỹ đạo xoắn ốc trong từ trường, được dựng lại trong các buồng trôi đặt xung quanh. Solenoid của CMS được thiết kế để có từ trường lớn nhất có thể tạo ra tại thời điểm này là 4 Tesla. Nó được tạo ra bởi một dòng 20 kA chạy qua một cuộn dây cốt thép Nb-Ti siêu dẫn được chế tạo bốn lớp. Các ràng buộc về kinh tế và vận chuyển đã hạn chế bán kính ngoài của cuộn dây là 3 m và chiều dài là 13 m. Từ trường được trả về thông qua một đai sắt dày 1,5 m nơi đặt 4 trạm đo muon để đảm bảo độ chắc chắn của phép đo và độ bao phủ hình học hoàn toàn. Đai sắt được phân thành 5 bánh vành rộng và có 3 đĩa nắp mỗi đầu, tổng trọng lượng 12.500 tấn. Việc chia hệ đo thành từng phần cho phép lắp ráp và thử nghiệm hệ đo trên bề mặt rộng lớn trên mặt đất trong khi chờ khoang ngầm được chuẩn bị sẵn sàng. Sau đó, các phần với trọng lượng từ 350 tấn đến 2.000 tấn, đã được lần lượt hạ thổ từ tháng 10 năm 2006 cho đến tháng 1 năm 2008 nhờ một hệ thống giàn chuyên dụng được trang bị giá đỡ chạy dọc trục cáp: công nghệ này lần đầu tiên được sử dụng để đơn giản hóa việc lắp ráp ngầm thí nghiệm lớn.

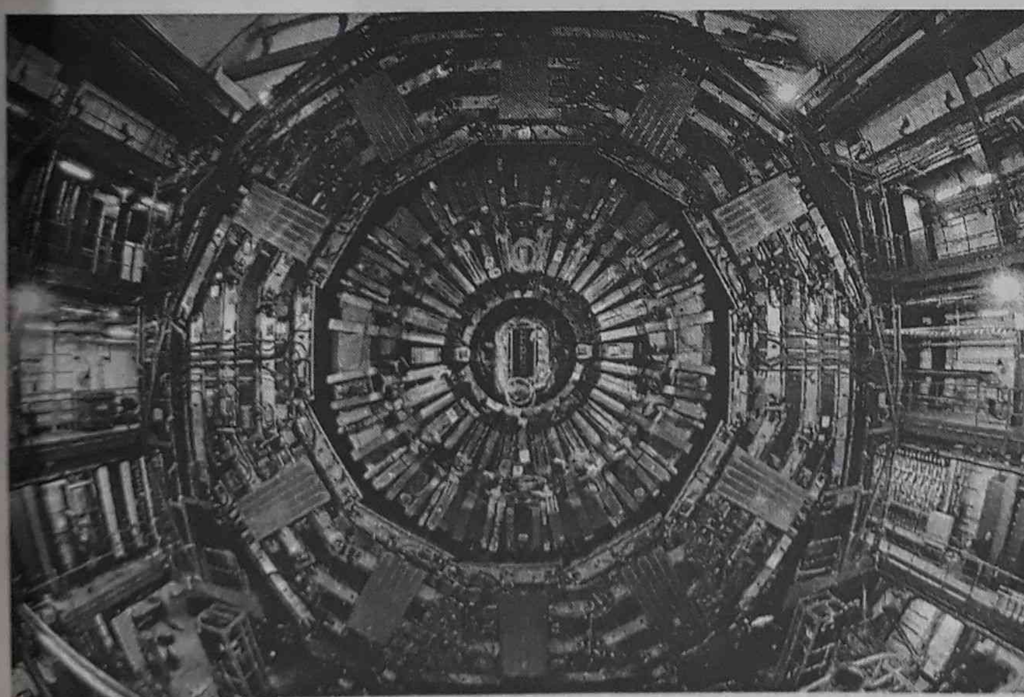
Thiết kế ưu tiên tiếp theo được thúc đẩy bởi việc tìm kiếm phân rã của hạt boson Higgs SM thành hai photon. Đó là thiết kế năng lượng kế điện từ với độ phân giải năng lượng cao nhất có thể. Một loại tinh thể mới đã được lựa chọn là tinh thể nhấp nháy vonfamat chì ($PbWO_4$). Phải cần đến 5 năm nghiên cứu và phát triển (1993-1998) để nâng cao độ tinh khiết và độ chống chịu bức xạ của những tinh thể này, và cần hơn 10 năm (1998-2008) liên tục ngày đêm để sản xuất 75.848 tinh thể, con số này lớn hơn tổng số

lượng tinh thể đã được sử dụng trong tất cả các thí nghiệm vật lí hạt trước đó. Các tinh thể cuối cùng đã được giao tháng 3 năm 2008.

Các giải pháp để theo dõi vết hạt tích điện là lựa chọn một số lượng nhỏ các phép đo vị trí chính xác của từng vết ($\sim$ 13 phép đo cho mỗi vết với độ phân giải vị trí $\sim$ 15 μm mỗi phép đo) dẫn đến một số lượng lớn các phần tử phân bố bên trong một khối hình trụ dài 5,8 m đường kính 2,5 m: 66 triệu 100×150 μm^2 pixel silicon và 9,3 triệu microstrips silicon kích thước từ $\sim$ 10 cm $\times$ 80 μm đến $\sim$ 20 cm $\times$ 180 μm. Với diện tích silicon hoạt động 198 m^2 hệ đo vết của CMS là hệ đo silicon lớn nhất từng được xây dựng.

Cuối cùng năng lượng kế hadron, bao gồm $\sim$ 3.000 tháp có góc khối nhỏ bao phủ gần như toàn bộ góc khối trong không gian, được xây dựng từ các bản xen kẽ gồm bản hấp thụ đồng dày $\sim$ 5 cm và bản nhấp nháy dày $\sim$ 4 mm để đo năng lượng. Ánh sáng nhấp nháy được phát hiện bởi bộ tách sóng quang (*hybrid photodiodes*) có thể hoạt động trong từ trường mạnh.

Hình 2 cho thấy mặt cắt ngang của thùng thí nghiệm CMS vào cuối năm 2007 trong giai đoạn lắp đặt trong hầm dưới lòng đất.



Hình 2. Mặt cắt ngang của phần thùng thí nghiệm CMS cho thấy các lớp đo liên tiếp bắt đầu từ tâm nơi các va chạm xảy ra: hệ ghi vết trong, năng lượng kế tinh thể, năng lượng kế hadron, cuộn siêu dẫn, đai sắt đỡ 4 trạm đo muon. Trạm đo muon ngoài cùng có bán kính 7,4 m.

4. Chuẩn bị thí nghiệm

Tất cả các thành phần của hệ đo đã được thử nghiệm tại ngay các địa điểm sản xuất, sau khi giao cho CERN, và được kiểm tra một lần nữa sau khi lắp đặt trong các khoang dưới lòng đất. Các thí nghiệm đã tận dụng các tia vũ trụ liên tục đến trái đất. Thậm chí ở độ sâu 100 m vẫn có muon với thông lượng nhỏ cỡ vài trăm hạt trong mỗi giây đi qua các thí nghiệm. Muon đã được sử dụng để kiểm tra toàn bộ quá trình từ phần cứng đến các chương trình phân tích thí nghiệm, và cũng để sắp xếp các thành phần của hệ đo và hiệu chỉnh phản ứng của chúng trước khi thực hiện đối chùm pp [24, 25].

Các thí nghiệm ATLAS và CMS sẽ tạo ra một lượng lớn dữ liệu (hàng chục petabyte dữ liệu mỗi năm; 1 PB = 10^6 GB) đòi hỏi phải có một mô hình tính toán phân phối hoàn toàn. LHC cho phép người sử dụng ở bất cứ nơi nào truy cập vào bất kì dữ liệu nào ghi chép hoặc tính toán trong suốt thời gian của các thí nghiệm. Hệ thống máy tính bao gồm một kiến trúc thứ bậc của các trung tâm phân tầng, với một trung tâm lớn Tier-0 tại CERN, khoảng 10 trung tâm lớn Tier-1 tại các cơ sở điện toán quốc gia, và khoảng 100 trung tâm Tier-2 tại các viện khác nhau. Trung tâm tại CERN nhận các dữ liệu thô, thực hiện nhanh một bước tái dựng sự kiện va chạm, gần như ngay lập tức, xuất các dữ liệu thô và số liệu của bước tái dựng sự kiện ban đầu đến các trung tâm Tier-1 và sau đó đến trung tâm Tier-2 cho các phân tích vật lí. Trung tâm Tier-0 phải được giữ ở tốc độ sự kiện là 0.5 kHz (~ 1 MB dữ liệu thô cho mỗi sự kiện) từ mỗi thí nghiệm. Các trung tâm Tier-1 lớn cung cấp kho lưu trữ lâu dài dữ liệu thô và dữ liệu tái dựng sự kiện bên ngoài CERN (bản sao thứ hai). Chúng thực hiện việc tái dựng lần thứ hai khi các hằng số hiệu chỉnh được chuẩn tốt hơn. Một số lượng lớn các sự kiện từ mô phỏng Monte Carlo cần thiết cho việc dự đoán các đại lượng vật lí được tạo ra chủ yếu ở các trung tâm Tier-2.

5. Hoạt động của máy gia tốc LHC và các thí nghiệm

LHC bắt đầu hoạt động vào ngày 10 tháng 9 năm 2008. Ngày 19 tháng 9 năm 2008, trong quá trình thử nghiệm cung cấp năng lượng cuối cùng

của mạch lưỡng cực chính trong sector cuối cùng (3-4) để tăng công suất, một lỗi điện ở một trong hàng chục ngàn kết nối đã tạo ra một tia lửa mạnh làm thủng lớp bọc của một nam châm, giải phóng một lượng khí hêli lớn được dùng để làm mát nam châm và dẫn đến sự thiệt hại về mặt cơ khí của khoảng 50 nam châm. Những nam châm này đã được sửa chữa trong năm 2009, và người ta đã quyết định chạy máy gia tốc tại năng lượng 3,5 TeV mỗi chùm (tức là một nửa giá trị năng lượng thiết kế).

Những va chạm đối chùm pp đầu tiên (năng lượng 450 GeV mỗi chùm) xảy ra vào ngày 23 tháng 11 năm 2009; những va chạm năng lượng cao đầu tiên (ở mức 3,5 TeV mỗi chùm) được ghi nhận ngày 30 tháng 3 năm 2010, và kể từ đó máy gia tốc đã hoạt động trơn tru, cung cấp cho hai thí nghiệm (có mục đích chung) ATLAS và CMS mẫu số liệu tương ứng với một cường độ dòng hạt tổng hợp gần 5 fb^{-1} trong năm 2011, và cho đến tháng 6 năm 2012 cung cấp cường độ dòng hạt khoảng 5 fb^{-1} ở mức năng lượng cao hơn một chút là 4 TeV mỗi chùm. Tổng cộng, lượng số liệu này (~ 10 fb^{-1}) tương ứng với việc khảo sát 10^{15} va chạm pp. Thông thường, có khoảng 20 tương tác pp chồng chập (pile-up) trong mỗi lần các bó hạt proton đi xuyên qua nhau là đáng quan tâm. Trong điều kiện hoạt động ổn định của LHC, ATLAS và CMS ghi nhận khoảng 95% số liệu va chạm đối chùm. Tổng cộng có 98% trong khoảng 100 triệu kênh đầu ra điện tử của mỗi thí nghiệm hoạt động ở thông số kĩ thuật thiết kế. Thành tích xuất sắc này là kết quả của sự nỗ lực liên tục và tận tâm của các đội ngũ nhà vật lí, kĩ sư và kĩ thuật viên chịu trách nhiệm cho các phần mềm, phần cứng và bảo trì hệ đo. Hoạt động hiệu quả của máy gia tốc và các thí nghiệm này đã dẫn tới phát hiện boson có tính chất tương tự Higgs ngay khi xảy ra những đối chùm pp đầu tiên ở năng lượng cao.

6. Khoa học

Các thí nghiệm ATLAS và CMS bắt đầu ghi nhận những va chạm pp năng lượng cao vào tháng 3 năm 2010 sau khi chạy sơ bộ ở năng lượng thấp vào mùa thu năm 2009. Nhiều quá trình Mô hình Chuẩn bao gồm việc tạo ra các quark (nhìn thấy dưới dạng các chùm tia hadron), quark b, quark t

và các boson W và Z, đã được đo với độ chính xác cao. Những phép đo này, ở trong vùng năng lượng chưa được khám phá trước đây, đã xác nhận các tiên đoán của Mô hình Chuẩn. Đây là điều cần thiết để có được sự công nhận trước khi có bất kì công bố nào về vật lí mới vì các quá trình Mô hình Chuẩn thiết lập nền tảng lớn cho vật lí mới.

Những tìm kiếm bao quát cho vật lí mới vượt ra ngoài mô hình tiêu chuẩn, cũng đã được thực hiện. Những giới hạn mới đã được thiết lập trên cấu trúc dưới quark, các hạt siêu đối xứng (ví dụ, loại trừ gluino khối lượng dưới 1 TeV trong các mô hình đơn giản của siêu đối xứng), các boson tiềm năng mới (ví dụ, loại trừ các boson nặng W'' và Z'' mới với khối lượng dưới 2 TeV để tạo cặp tương tự như cho các boson W và Z đã biết) và thậm chí cả những dấu hiệu của lực hấp dẫn ở mức TeV (ví dụ loại trừ lỗ đen với khối lượng dưới 4 TeV).

Không còn nghi ngờ gì nữa, kết quả nổi bật nhất rút ra từ các thí nghiệm ATLAS và CMS là việc phát hiện ra một boson nặng mới với khối lượng 125 GeV. Quá trình phân tích được thực hiện trong bối cảnh tìm kiếm Higgs boson của Mô hình Chuẩn với khối lượng m_H.

Đối với m_H khoảng 125 GeV, từ số lượng các va chạm đã được xem xét, khoảng 200.000 boson Higgs được tạo ra trong mỗi thí nghiệm. Do có nhiều nhánh phân rã, mỗi thí nghiệm được dự đoán là chỉ xác định một lượng tương đối nhỏ các sự kiện: cỡ vài trăm sự kiện hai photon hoặc vài chục sự kiện bốn lepton từ một boson Higgs giả thuyết, chưa tính đến yếu tố hiệu suất. Kênh tạo ra bốn-lepton hứa hẹn cung cấp những tín hiệu tinh khiết nhất ($S/B \sim 2$, trong đó S là viết tắt của số lượng các sự kiện tín hiệu dự kiến và B là số lượng các sự kiện phông nền dự kiến) và do đó được gọi là "kênh vàng".

Việc tìm kiếm boson Higgs được thực hiện trong một loạt các kênh. Dưới đây chúng tôi trình bày một số chi tiết của hai kênh có độ phân giải khối lượng bất biến tốt nhất và đã đóng một vai trò đặc biệt quan trọng trong thiết kế của các thí nghiệm ATLAS và CMS.

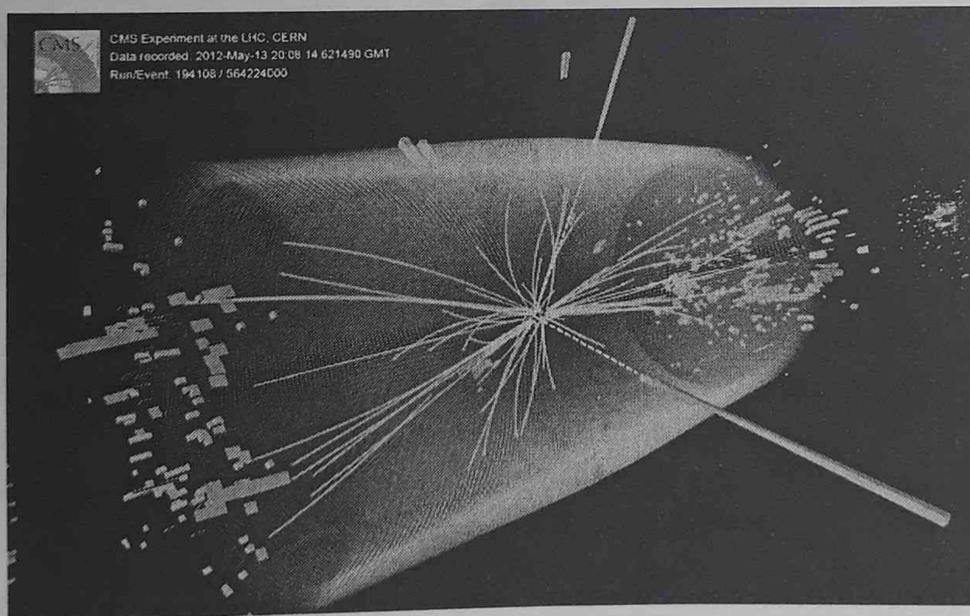
6.1 $H \rightarrow \gamma\gamma$

Trong hệ đo của chúng tôi dấu hiệu của chế độ phân rã $H \rightarrow \gamma\gamma$ là một cặp photon cô lập với xung lượng ngang lớn cỡ khoảng 30 GeV hoặc cao hơn

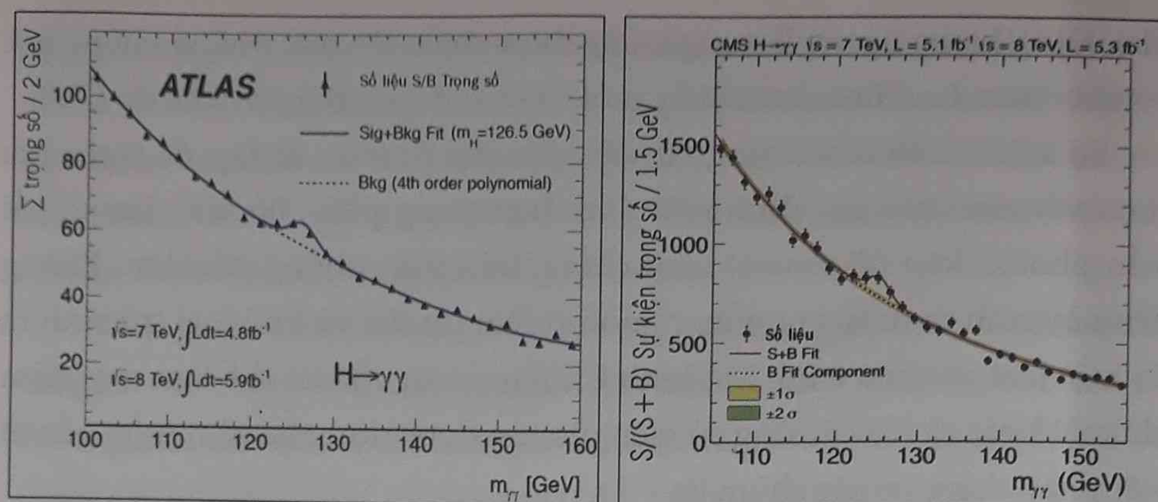
nữa. Xung lượng ngang là xung lượng được chiếu lên mặt phẳng vuông góc với các chùm tia. Hình 3 cho thấy một sự kiện được ghi lại với hệ đo CMS.

Sự kiện có chứa các ứng cử viên cho hai photon cô lập đã được lựa chọn với mục tiêu xác định một đỉnh hẹp trong phân bố khối lượng bất biến photon kép (*di-photon*) nằm chồng trên một phông nền lớn. Phông nền này sinh ra từ hai nguồn; nguồn chiếm ưu thế và khó loại trừ sinh ra do một loạt các quá trình Mô hình Chuẩn, và nguồn có thể làm suy giảm khi một hoặc cả hai các ứng cử viên photon được dựng lại có nguồn gốc từ việc nhận dạng sai các chùm tia.

Các tiêu chí để phân biệt các photon thực với photon đến những phân mảnh của chùm tia (gọi là "giả photon") phụ thuộc vào công nghệ hệ đo của hai thí nghiệm. Cả hai thí nghiệm có thể loại các photon giả như vậy làm giảm đóng góp của chúng xuống còn 25% tổng phông nền. Mức độ của đóng góp này là chủ đề của nhiều cuộc tranh luận trong những năm 1990 và giá trị thấp đã đạt được thông qua việc thiết kế các năng lượng kế điện từ và khả năng loại bỏ sự kiện giả của các phân tích liên quan.



Hình 3. Sự kiện được ghi nhận bởi hệ đo CMS vào năm 2012 với năng lượng khối tâm.pp là 8 TeV. Sự kiện này cho thấy các đặc điểm mong đợi từ phân rã của boson Higgs SM thành một cặp photon (đường đứt đoạn màu vàng và tháp xanh lá cây). Đường màu vàng liền nét biểu diễn các vết được tái dựng lại của các hạt tích điện được tạo ra kèm theo hai photon trong cùng va chạm. Sự kiện này cũng có thể sinh ra do các quá trình tạo phông nền đã biết theo Mô hình Chuẩn.



Hình 4. (A) Phân bố khối lượng bất biến của hai photon của các sự kiện ứng cử được lựa chọn trong thí nghiệm ATLAS với trọng số cho mỗi sự kiện được lấy theo giá trị S/B của tập hợp mà sự kiện được phân loại.

(B) Phân bố khối lượng bất biến của hai photon của các sự kiện ứng cử được lựa chọn trong thí nghiệm CMS với trọng số cho mỗi sự kiện được lấy theo giá trị S/(S+B) của tập hợp mà sự kiện được phân loại.

Để tăng cường độ nhạy của phân tích, sự kiện hai photon ứng cử đã được tách thành nhiều loại riêng biệt với tỉ lệ tín hiệu-phông nền được dự đoán khác nhau. Các loại này được xác định dựa trên thuộc tính dự kiến của các photon được dựng lại và sự hiện diện của hai tia dự kiến đi kèm với một boson Higgs tạo ra thông qua quá trình tổng hợp vector-boson, là một loại có độ nhạy đặc biệt cao. Phân tích các sự kiện trong mỗi loại đại diện cho một phép đo riêng, với độ phân giải khối lượng và phông nền cụ thể, và các kết quả từ mỗi loại được kết hợp thống kê thông qua phương pháp sử dụng phân tích khả năng hợp lí (*likelihood*).

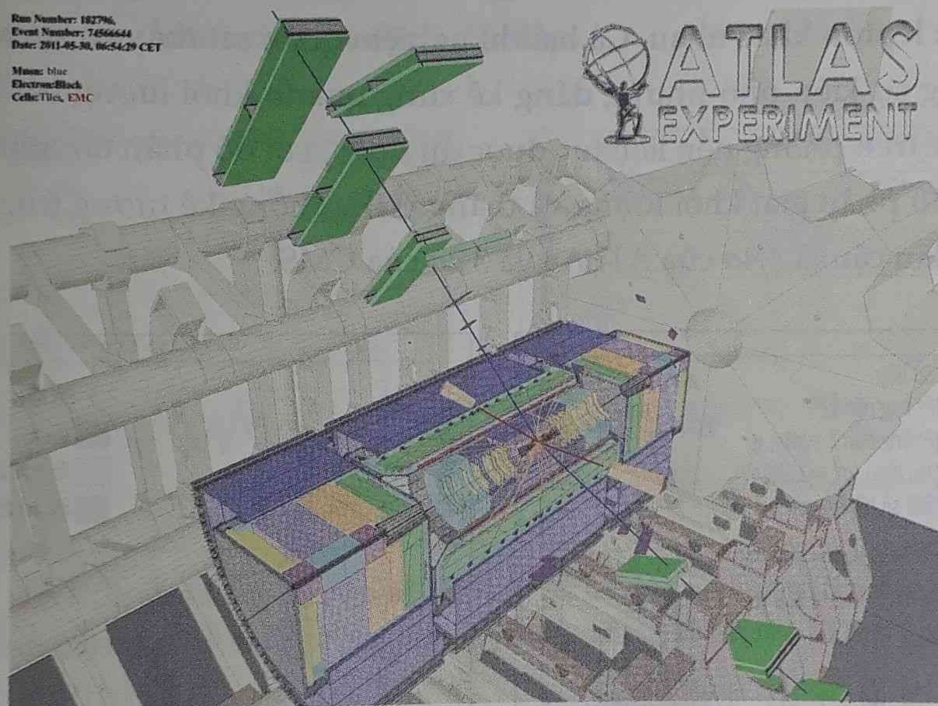
Sự phân bố khối lượng bất biến của hai photon, có trọng số theo từng loại, được thể hiện trong Hình 4 cho ATLAS và CMS, cùng với đường khớp tốt nhất của một đỉnh tín hiệu trên nền phông liên tục. Trọng số được chọn tỉ lệ thuận với *S/B* dự kiến trong loại tương ứng.

Một số lượng sự kiện vượt trội trên nền phông đã được quan sát ở khối lượng khoảng 125 GeV bởi cả hai thí nghiệm, với độ tin cậy đối với từng thí nghiệm tương ứng là 4,5 độ lệch chuẩn (s) của ATLAS và 4.1s của CMS.

6.2. $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4l$

Dấu hiệu của chế độ phân rã $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4l$ là hai cặp lepton cô lập điện tích trái dấu (electron hoặc muon). Cần lưu ý rằng tùy thuộc vào khối lượng của boson Higgs, một hoặc hai boson Z phải là ảo. Phông nền chính xuất hiện do sự hình thành các cặp boson Z không cộng hưởng đã biết tạo ra một phông nền liên tục nhỏ.

Hình 5 cho thấy một sự kiện được ghi lại bởi hệ đo ATLAS với các đặc điểm dự đoán từ phân rã của hạt boson Higgs SM thành một cặp boson Z, sau đó một hạt phân rã thành một cặp electron và hạt kia thành một cặp muon.

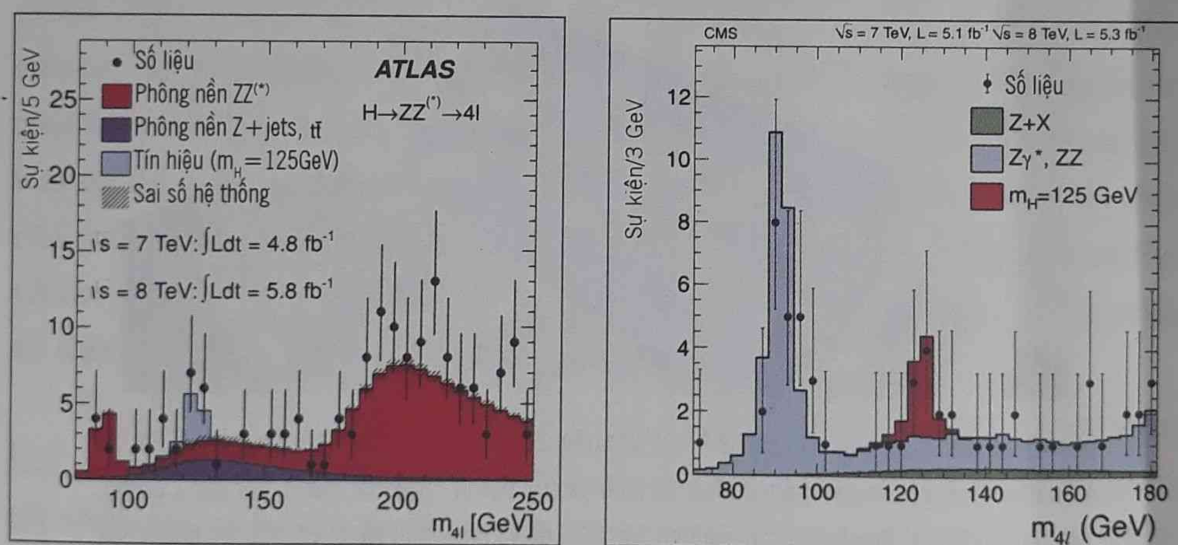


Hình 5. Sự kiện được ghi nhận bởi hệ ATLAS vào năm 2012 tại năng lượng khối tâm pp là 8 TeV. Sự kiện này cho thấy các đặc điểm dự kiến từ phân rã của boson Higgs SM thành một cặp Z boson, mà sau đó phân rã thành một cặp electron (vết màu đỏ và tháp màu vàng) và một cặp muon (vết màu xanh và buồng muon có tín hiệu màu xanh lá cây). Khối lượng bất biến của hệ $2e2\mu$ là 124,3 GeV. Sự kiện này cũng có thể sinh ra do quá trình tạo phông nền đã biết theo Mô hình Chuẩn.

Đối với một boson Higgs có khối lượng nhỏ hơn tổng khối lượng của hai boson Z, một trong số cặp lepton thông thường sẽ có khối lượng bất biến cỡ khối lượng boson Z (khoảng 91 GeV), trong khi cặp kia sẽ có khối lượng thấp hơn đáng kể (được gọi là *off-mass shell*). Do có sự khác biệt về

phông nền tạo ra do thiết bị và về phân giải khối khối lượng của ba khả năng hình thành các cặp electron và cặp muon ($4e$, 4μ, $2e2\mu$), việc tìm kiếm đã được thực hiện trong những kênh độc lập và sau đó kết hợp thống kê bằng phương pháp phân tích khả năng hợp lí. Trong trường hợp của CMS, phân bố góc của bốn lepton được tính đến trong phân tích.

Hình 6 cho thấy phân bố khối lượng bất biến của bốn lepton cho các thí nghiệm ATLAS và CMS, đây là kết quả sau khi kết hợp của tất cả các kênh ($4e$, 4μ, và $2e2\mu$). Đỉnh gần 90 GeV tương ứng với sự phân rã hiếm gặp đã được dự đoán của boson Z thành bốn lepton ($Z \rightarrow 4l$). Tỉ lệ này trong thí nghiệm CMS cao hơn so với ATLAS do có tiêu chuẩn động năng áp dụng cho bốn lepton khác nhau. Cả hai thí nghiệm quan sát thấy có sự vượt trội số lượng sự kiện nhỏ nhưng đáng kể xung quanh khối lượng bất biến cỡ 125 GeV trên phông nền liên tục được dự đoán, với độ phân tán như mong đợi từ độ phân giải khối lượng và thăng giáng thống kê tương ứng với độ tin cậy lân cận là 3.4σ của ATLAS và 3.2σ của CMS.

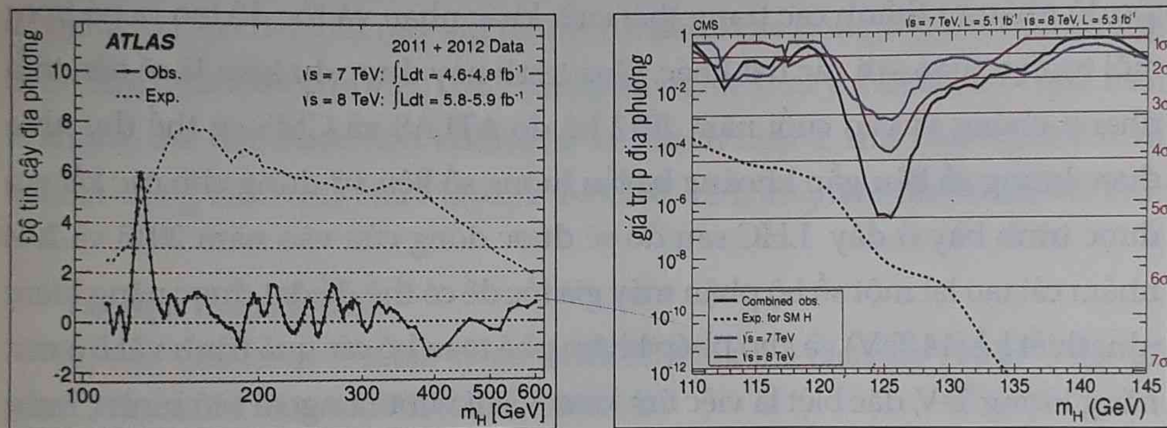


Hình 6. Sự phân bố khối lượng bất biến của bốn lepton, m_{4l}, (A) của ATLAS và (B) của CMS cho các ứng cử viên được lựa chọn so với mức phông nền dự đoán. Dự đoán tín hiệu cho một boson Higgs SM với $m_H = 125$ GeV cũng được hiển thị.

6.3 Kết hợp kết quả

Các thí nghiệm ATLAS và CMS đã nghiên cứu nhiều kênh phân rã boson Higgs khác ngoài những ví dụ mô tả trong bài viết này, như được

thảo luận trong các bài báo liên quan của chủ đề này và các tài liệu tham khảo [15, 16]. Hình 7 cho thấy độ tin cậy thống kê tổng hợp thu được bởi thí nghiệm ATLAS và CMS cho các giả thuyết khối lượng Higgs khác nhau. Độ tin cậy lân cận lớn nhất *được ghi nhận* cho khối lượng của boson Higgs SM m_H = 126,5 và 125,5 GeV, ở vị trí nó đạt đến giá trị 6,0 σ và 5,0 σ, tương ứng với một xác suất thăng giáng phông nền là 2×10^{-9} và 5×10^{-7} tương ứng cho thí nghiệm ATLAS và CMS. Độ tin cậy lân cận dự đoán cho sự hiện diện của tín hiệu boson Higgs SM tại những giá trị khối lượng này là 4,9 σ cho ATLAS và 5,8 σ cho CMS. Bằng chứng cho một hạt mới được củng cố bởi hạt được quan sát trong hai thí nghiệm khác nhau, sử dụng những hệ đo bổ sung lẫn nhau và hoạt động độc lập.



Hình 7. Các kết quả tổng hợp (A) của ATLAS và (B) của CMS phụ thuộc vào m_H cho độ tin cậy quan sát được và độ tin cậy dự đoán trên phông nền dự đoán từ các quá trình Mô hình Chuẩn.

Trong cả hai thí nghiệm, sự vượt trội số sự kiện là quan trọng nhất trong hai kênh phân rã $\gamma\gamma$ và ZZ. Hai kênh phân rã này cho thấy hạt mới là một boson; sự phân rã hai photon có nghĩa là spin của nó không bằng một [26, 27]. Spin của boson Higgs SM được dự đoán là bằng không.

Hơn nữa, số lượng sự kiện quan sát được gần bằng với số lượng sự kiện dự đoán từ việc tạo ra một boson Higgs SM đối với tất cả các kênh phân rã được phân tích, trong phạm vi sai số ở cả hai thí nghiệm. Tỉ lệ quan sát/dự đoán, tổng hợp số liệu từ tất cả các kênh phân rã, thu được là 1,4 ± 0,3 và 0,87 ± 0,23 tương ứng cho ATLAS và CMS. Những giá trị ước tính tốt nhất

cho khối lượng đo được bởi ATLAS và CMS cũng phù hợp là 126,0 ± 0,6 và 125,3 ± 0,6 GeV.

7. Triển vọng

Các kết quả từ hai thí nghiệm phù hợp với nhau trong phạm vi bất định và phù hợp với kì vọng cho boson Higgs SM, một boson cơ bản spin-0 (vô hướng). Người ta cần phải thu thập nhiều số liệu hơn nữa để cho phép kiểm tra nghiêm ngặt sự tương thích của boson mới với Mô hình Chuẩn và xác định xem những thuộc tính của hạt mới có dẫn đến sự tồn tại của vật lí vượt ra ngoài Mô hình Chuẩn. Các tính chất này bao gồm spin của boson và sự tạo cặp của nó với các fermion và boson cơ bản, được nghiên cứu thông qua tốc độ phân rã thành các trạng thái cuối khác nhau và tốc độ tạo ra nó trong mối tương quan với các hạt khác. Quá trình này được dự kiến là sẽ tiến triển nhanh chóng vì vào cuối năm 2012 hệ đo ATLAS và CMS có thể thu nhận được lượng số liệu gấp khoảng ba lần lượng số liệu sử dụng cho các kết quả được trình bày ở đây. LHC sau đó sẽ được đóng cửa vào năm 2013 và 2014 nhằm cải tạo lại một số bộ phận máy gia tốc để có thể để đạt được năng lượng như thiết kế (14 TeV) và cho phép khám phá toàn bộ các quá trình vật lí ở mức năng lượng TeV, đặc biệt là việc tìm kiếm vật lí vượt ra ngoài Mô hình Chuẩn.

Người ta biết rằng các điều chỉnh lượng tử làm cho khối lượng của một hạt vô hướng cơ bản chuyển đến thang khối lượng vật lí cao nhất tiếp theo, hiện được biết đến là 10^{15} GeV, khi không xét đến sự mở rộng của Mô hình Chuẩn. Một phỏng đoán được nhiều người ủng hộ cho rằng điều này là có thể tránh được với sự hiện hữu của một tập hợp các hạt nặng mới chưa được khám phá. Đối với mỗi hạt Mô hình Chuẩn đã biết có một hạt đồng hành có spin khác nó một nửa đơn vị, liên kết các hạt vật chất fermion và các hạt truyền tương tác boson trong một đối xứng được gọi là siêu đối xứng. Mô hình này dự đoán tồn tại năm loại boson Higgs. Hơn nữa, hạt trung hòa bền nhẹ nhất của tập hợp các hạt siêu đối xứng mới này có thể là hạt cấu thành nên vật chất tối. Theo như phỏng đoán, nếu các hạt đó là đủ nhẹ, chúng phải được tìm thấy ở LHC.

Việc khám phá ra boson mới có nghĩa là chúng ta có thể phát hiện một trường vô hướng cơ bản. Các trường vô hướng cơ bản được cho là đóng một vai trò quan trọng trong quá trình lạm phát vũ trụ xảy ra ngay sau Vụ nổ lớn và trong sự dãn nở tăng tốc được quan sát gần đây của vũ trụ, đó là dấu hiệu hiện hữu của năng lượng tối.

8. Lời cảm ơn

Việc xây dựng, vận hành và khai thác các thí nghiệm lớn phức tạp ATLAS và CMS đòi hỏi rất nhiều tài năng, nguồn lực và sự cống hiến của hàng ngàn nhà khoa học, kĩ sư và kĩ thuật viên trên toàn thế giới. Nhiều người đã dành một phần đáng kể sự nghiệp của họ để làm việc cho những thí nghiệm này. Bài viết này xin dành cho tất cả các đồng nghiệp của chúng ta, những người đã làm việc cho những thí nghiệm này. Những kết quả trên sẽ không thể đạt được nếu không có kế hoạch hợp lí, thiết kế tuyệt vời và sự hoạt động hiệu quả của Máy gia tốc LHC và Trung tâm tính toán WLCG.

Tài liệu tham khảo:

[1] S.L. Glashow, "Partial-symmetries of weak interactions", *Nucl. Phys.* 22 (1961) 579, doi:10.1016/0029-5582 (61) 90469-2.

[2] S. Weinberg, "A Model of Leptons", *Phys. Rev. Lett.* 19 (1967) 1264, doi:10.1103/PhysRevLett.19.1264.

[3] A. Salam, *Weak and electromagnetic interactions, in Elementary particle physics: relativistic groups and analyticity*, N. Svartholm, ed., p. 367. Almqvist & Wiskell, 1968. Proceedings of the eighth Nobel symposium.

[4] F. Englert and R. Brout, "Broken symmetry and the mass of gauge vector mesons", *Phys. Rev. Lett.* **13** (1964) 321, doi: 10.1103/PhysRevLett.13.321.

[5] P.W. Higgs, "Broken symmetries, massless particles and gauge fields", *Phys. Lett.* **12** (1964) 132, doi:10.1016/0031-9163 (64) 91136-9.

[6] P.W. Higgs, "Broken symmetries and the masses of gauge bosons", *Phys. Rev. Lett.* **13** (1964) 508, doi:10.1103/PhysRevLett.13.508.

[7] G.S. Guralnik, C.R. Hagen, and T.W.B. Kibble, "Global conservation laws and massless particles", *Phys. Rev. Lett.* **13** (1964) 585, doi:10.1103/PhysRevLett.13.585.

[8] P.W. Higgs, "Spontaneous symmetry breakdown without massless bosons", *Phys. Rev.* 145 (1966) 1156, doi:10.1103/PhysRev.145.1156.

[9] T.W.B. Kibble, "Symmetry breaking in non-Abelian gauge theories", *Phys. Rev.* 155 (1967) 1554, doi:10.1103/PhysRev.155.1554

[10] ALEPH, DELPHI, L3, OPAL Collaborations, and LEP Working Group for Higgs Boson Searches, "Search for the standard model Higgs boson at LEP", *Phys. Lett.* B 565 (2003) 61, doi:10.1016/S0370-2693(03)00614-2, arXiv:hep-ex/0306033.

[11] CDF and D0 Collaborations, "Combination of Tevatron Searches for the Standard Model Higgs Boson in the W^+W^- Decay Mode", *Phys. Rev. Lett.* 104 (2010) 061802, doi:10.1103/PhysRevLett.104.061802. A more recent, unpublished, limit is given in preprint arXiv:1207.0449.

[12] G. Aad et al., "Combined search for the Standard Model Higgs boson in pp collisions at $\sqrt{s}$ = 7 TeV with the ATLAS detector", *Phys. Rev.* D 86 (2012) 032003. arXiv:1207.0319, doi:10.1103/PhysRevD.86.032003.

[13] S. Chatrchyan et al., "Combined results of searches for the standard model Higgs boson in pp collisions at $\sqrt{s}$ = 7 TeV", *Phys. Lett.* B 710 (2012) 26. arXiv:1202.1488, doi:10.1016/j.physletb.2012.02.064.

[14] CDF and D0 Collaborations, "Evidence for a particle produced in association with weak bosons and decaying to a bottom-antibottom quark pair in Higgs boson search at the Tevatron", submitted to *Phys. Rev. Lett.* (2012). arXiv:1207.6436.

[15] ATLAS Collaboration, "Observation of a New Particle in the Search for the Standard Model Higgs Boson with the ATLAS Detector at the LHC", *Phys. Lett.* B 716 (2012) 1.

[16] CMS Collaboration, "Observation of a new boson at a mass of 125 GeV with the CMS Experiment at the LHC", *Phys. Lett.* B 716 (2012) 30.

[17] L. Evans (Ed.), The Large Hadron Collider, a Marvel of Technology, EPFL Press, 2009; L. Evans, P. Bryant (editors), LHC Machine, JINST 03 (2008) S08001. doi:10.1088/1748-0221/3/08/S08001

[18] N. Ellis and T. S. Virdee, Experimental challenges in high luminosity collider physics, Ann. Rev. Nucl. Part. Sci. 44 (1994) 609,

doi:10.1146/annurev.ns.44.120194.003141.

[19] LHC Computing Grid, Technical Design Report, CERN-LHCC-2005-024 (2005).

[20] ATLAS Collaboration, ATLAS: letter of intent for a general-purpose pp

experiment at the large hadron collider at CERN, CERN-LHCC-92-004 (1992); Technical Proposal, CERN-LHCC-1994-043 (1994).

[21] CMS Collaboration, Letter of intent by the CMS Collaboration for a general purpose detector at the LHC, CERN-LHCC-92-003 (1992); Technical Proposal, CERN-LHCC-1994-038 (1994).

[22] ATLAS Collaboration, The ATLAS Experiment at the CERN Large Hadron Collider, JINST 3 (2008), S08003.

[23] S. Chatrchyan et al, The CMS experiment at the CERN LHC, JINST 3 (2008) S08004. doi:10.1088/1748-0221/3/08/ S08004.

[24] ATLAS Collaboration, Studies of the performance of the ATLAS detector using cosmic-ray muons, Eur. Phys. J. C71 (2011) 1593, doi: 10.1140/epjc/s10052-011-1593-6.

[25] CMS Collaboration, Commissioning of the CMS experiment and the cosmic run at four tesla, JINST 5 (2010) T03001, doi: 10.1088/1748-0221/5/03/T03001.

[26] L.D. Landau, Dokl. Akad. Nauk 60 (1948) 207.

[27] C.N. Yang, *Phys. Rev.* 77 (1950) 242.

Phạm Thị Tuyết Nhung

NHÀ XUẤT BẢN TRI THỨC
53 Nguyễn Du - Quận Hai Bà Trưng - Hà Nội
Điện thoại: (84-4) 3944 7279 - (84-4) 3945 4661 | Fax: (84-4) 3945 4660
Website: www.nxbtrithuc.com.vn | www.nxbtrithuc.vn
Email: lienhe@nxbtrithuc.com.vn

ĐI TÌM "HẠT CỦA CHÚA" - BOSON HIGGS

CUỘC PHIÊU LƯU KÌ THÚ CỦA KHOA HỌC

(Tái bản lần thứ nhất)

Nhóm Chủ biên:
Cao Chi - Chu Hảo - Pierre Darriulat
Nguyễn Xuân Xanh - Phạm Xuân Yêm

Chịu trách nhiệm xuất bản:
CHU HẢO

Biên tập:
VŨ THU HẰNG, NGUYỄN ANH QUÂN
Trình bày bìa và nội dung:
TRẦN THỊ TUYẾT

In 300 bản, khuôn khổ 16x24cm.
Tại Xí nghiệp in nhà xuất bản Văn hóa dân tộc. 128c/22 Đại La, Hà Nội.
Đăng kí Kế hoạch xuất bản số: 3701-2015/CXBIPH/1-50/TrT.
Quyết định xuất bản số: 78/QĐ - NXB TrT, ngày 29/12/2015.
In xong và nộp lưu chiểu quý I năm 2016.

Trong *Principia* năm 1687 Newton đưa ra khái niệm *khối lượng* của vật chất, như tính chất riêng. Mô hình Chuẩn đã giải mã nó. Các hạt cơ bản tạo nên vật chất *không* có khối lượng tự nó mà phải được một cơ chế khác "gia trì" bằng các tương tác để có khối lượng. Đó là *cơ chế Higgs* của một trường Higgs chiếm ngự chân không, xuất hiện tại một thời điểm trong thuyết Big Bang của vũ trụ. Hạt Higgs chính là dấu ấn của nó. Cơ chế Higgs được sử dụng từ lâu để giải thích thành công lực yếu, không có nó sẽ không có ánh sáng. Nhưng mãi gần nửa thế kỉ sau khi lí thuyết ra đời, con người mới nhìn thấy loại "Hạt của Chúa" này. Hai trong những nhà vật lí đã khai sinh cơ chế Higgs được vinh danh với giải Nobel cuối năm 2013: François Englert và Peter Higgs. Cuộc tìm kiếm chân lí ở đáy sâu của vũ trụ là một cuộc phiêu lưu kì thú của khoa học.

Chúng ta không là gì cả. Nhưng những gì chúng ta đi tìm là tất cả.

F. HÖLDERLIN (Nhà thơ Đức)

Nếu hạt boson này không có, thì chúng ta cũng sẽ không có mặt ở đây.

P. HIGGS (Giải Nobel)

Trường Higgs, Mô hình Chuẩn, và quan niệm của chúng ta về Chúa đã tạo ra vũ trụ như thế nào, điều đó tùy thuộc vào việc tìm ra hạt boson Higgs. Trước Higgs, chỉ có đối xứng và sự buồn tẻ; sau Higgs, có sự đa phức và phấn khích. Tiếp đến, nếu nhìn lên bầu trời đêm, bạn sẽ ý thức rằng tất cả không gian kia tràn đầy những ảnh hưởng huyền bí của Higgs, đó là nguồn gốc, theo lí thuyết này, cho sự đa dạng phức tạp của vũ trụ mà chúng ta biết và yêu thích.

L. LEDERMAN (Giải Nobel)

(Tác giả bị gán cho tên gọi "Hạt của Chúa")

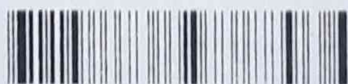
Vật lí lí thuyết có mục tiêu đi tìm tính đơn giản. Các lí thuyết tốt nhất của chúng ta về thế giới vật lí xem ra phức tạp và khó khăn, bởi vì chúng là đơn giản *một cách thâm sâu*.

F. WILCZEK (Giải Nobel)

Nếu ba thập niên đầu thế kỉ 20, thuyết tương đối và lượng tử của các nhà vật lí chiếm sân khấu với những ý tưởng cực kì cách mạng, làm đảo lộn cách tư duy về thời gian, không gian, khối lượng, năng lượng, sự trao đổi năng lượng ở cấp vi mô, thì hai thập niên 1960-1970 có thể hiểu là làm đảo lộn quan niệm con người từ hai nghìn năm trăm năm qua về cấu trúc vật chất ở đáy sâu nhất của tạo hóa. Đó là hai thập niên rối rắm nhất vừa trên chính trường thế giới, vừa trên sân khấu vật lí hạt cơ bản, với những bế tắc và khai thông luân phiên xảy ra đầy những bất ngờ...

Tranh bìa: "Hạt của Chúa" ("The Higgs Boson GOD Particle") bởi Michio Kaku

www.nxbtrithuc.com.vn
www.nxbtrithuc.vn
lienhe@nxbtrithuc.com.vn




ISBN: 978-604-908-9
8 936080 50046
Giá: 90.000đ